

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'18

Молодежная секция

Сборник докладов
16–20 апреля 2018 г.



УДК 001.08
ББК я73
3-13

3-13 Завалишинские чтения: молодежная секция: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2018. 423 с.
ISBN 978-5-8088-1283-3

Помещенные в сборник доклады отражают весь спектр направлений научных работ, проводимых Институтом инновационных технологий в электромеханике и робототехнике: от проектирования отдельных элементов и устройств, технологий их создания, решения вопросов диагностики и разработки прикладного программного обеспечения до построения сложных систем и комплексов, различных по своему функциональному назначению.

Оргкомитет конференции

- Ю. А. Антохина* – доктор экономических наук, профессор, ректор ГУАП
А. А. Оводенко – доктор технических наук, профессор, президент ГУАП
В. Ф. Шишлаков – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления в технических системах
А. А. Ефимов – доктор технических наук, профессор кафедры управления в технических системах
А. Л. Ронжин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электромеханики и робототехники

УДК 001.08
ББК я73

ISBN 978-5-8088-1283-3

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 2018

УДК 621.431.74

Е. С. Александров

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

Б. Э. Фридман – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ИСТОЧНИКИ БОЛЬШИХ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ

Мощная импульсная техника (МИТ) включает в себя устройства для накопления, сжатия и передачи в нагрузку импульсной электрической энергии больших мощностей. С начала XX века МИТ создавалась для физического эксперимента в областях физики элементарных частиц, рентгентехники, радиотехники, а с 1960-х годов стала применяться в лазерной физике и термоядерном синтезе. По мере развития техники увеличивались выходные параметры, и сейчас к МИТ относятся электрофизические установки, обеспечивающие на нагрузке импульсы со следующими характеристиками:

- амплитуда напряжения: от десятков кВ до десятков МВ (10^4 – 10^7 В);
- токи от единиц кА до сотен МА (10^3 – 10^8 А);
- мощность 10^7 – 10^{14} Вт;
- скорость нарастания мощности 10^{14} – 10^{22} Вт/с;
- энергия в одном импульсе 10^3 – 10^8 Дж.

Развитие ускорительной, лазерной техники, управляемого термоядерного синтеза, электроразрядных и пучковых технологий, радиолокации и т. д. стимулирует создание импульсных источников энергии на напряжение от нескольких киловольт до мегавольт, импульсные токи от ампер до сотен килоампер. Длительность импульса может быть доли миллисекунд и наносекунды, частота повторения импульса - от единиц до тысяч герц.

Импульсные источники напряжений включают в себя, как правило, накопитель энергии, систему умножения (трансформации) напряжения, систему коммутации и управления. В качестве накопителя энергии в них чаще всего используются емкостные и индуктивные накопители.

Увеличение напряжения может достигаться разными способами: например, переключением элементов накопителя с параллельного на последовательное, использованием импульсного трансформатора, резким обрывом зарядного тока индуктивного накопителя. В качестве коммутаторов используются искровые разрядники, газоразрядные лампы, тиратроны и полупроводниковые коммутаторы. Обрыв тока осуществляется размыкателями тока, такими как плазменные размыкатели, размыкатели на основе электрического взрыва проводников, вакуумные и др.

Принцип формирования импульсов высокого напряжения или тока относительно прост: сравнительно медленно энергия накапливается в специальном устройстве, а затем с помощью коммутатора она быстро передается в нагрузку. Таким образом, при малой длительности импульса даже при небольших энергиях можно получить гигантские мощности.

В настоящее время используются два основных способа для сжатия энергии: с емкостным (ЕНЭ) и индуктивным (ИНЭ) накопителями энергии, которые реализуются с различными видами коммутаторов: размыкатель К1 (прерыватель) и замыкатель К2 (разрядник).

В первом случае (рис. 1, а) формирование импульса происходит за счет разряда емкости C , которая предварительно заряжена до напряжения U_0 , через разрядник K в нагрузку – R_n . Если параметры разрядника близки к идеальным

(то есть время коммутации много меньше постоянной разряда $t_k \ll R_{нС}$), то на нагрузке возникнет импульс напряжения экспоненциальной формы:

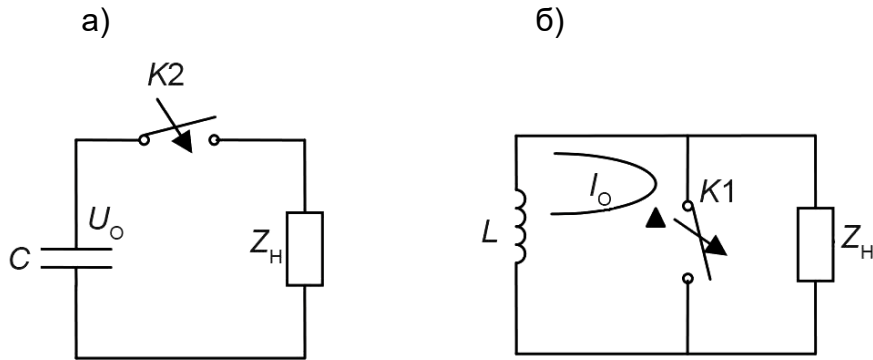


Рис. 1. Схемы формирования импульсов: с ЕНЭ (а) и ИНЭ (б)

$$U(t) = U_0 \exp\left(-\frac{t}{R_{нС}}\right);$$

длительностью на полувысоте близкой $t_{и} \sim R_{нС}$ и фронтом $t_{ф} \sim t_k$.

Если разрядный контур неидеален, то имеет индуктивность $L_{н}$ и, соответственно, $t_{ф} = \frac{2,2L_{к}}{R_{н}}$ (уровень фронта от 0,1 до 0,9 от амплитуды). Для коммутации емкостного накопителя энергии могут быть использованы разрядники, тиратроны, тиристоры, магнитные ключи.

Во втором случае (рис. 1, б) ИНЭ используется с генератором тока. Обрыв тока приводит к формированию на индуктивности L за счет ЭДС самоиндукции импульса напряжения, пропорционального $(-L \frac{dI}{dt})$, который прикладывается к нагрузке. Параметры формируемого импульса сильно зависят от свойств размыкателя и при линейном росте его сопротивления по закону $R = bt$:

$$U_a = I_0 \cdot \left(\frac{bL}{e} + \right) 0,5; t_{и} \sim \left(\frac{L}{b} + \right) 0,5.$$

В момент обрыва тока сопротивление прерывателя составит $R_{п} \sim \frac{L}{t_{п}}$, напряжение на нагрузке $U \sim \left(I_0 \frac{L}{t_{п}}\right) \left(\frac{x}{1+x}\right)$, где $x = \frac{R_{н}}{R_{п}}$, а мощность $P \sim \left(\frac{I_0 2L}{t_{п}}\right) \left(\frac{x}{1+x}\right)$. Следовательно, для получения максимальной мощности надо, чтобы $R_{н} = R_{п} = \frac{L}{t_{п}}$, в этом случае $P_{max} \sim \frac{I_0 2L}{4t_{п}}$. (1.2)

Таким образом, чем меньше время обрыва и выше скорость роста сопротивления прерывателя $K1$, тем выше эффективность передачи энергии в нагрузку. Обычно с использованием таких простых схем формируются импульсы длительностью до долей единиц микросекунд и амплитудой до десятков кВ или сотен кА. Главной причиной, ограничивающей применение схем с промежуточным индуктивным накопителем энергии, служит то, что создание прерывателя тока – более сложная инженерная задача, чем создание замыкателя.

В настоящее время используются три основных типа прерывателей, которые устанавливаются параллельно нагрузке:

- 1) на основе электрически взрывааемых проволок;
- 2) плазменные прерыватели тока;
- 3) полупроводниковые прерыватели тока (ППТ).

Формирование импульса высокого напряжения большей величины или тока в МА и более, особенно наносекундного, представляет нетривиальную задачу, которая осложняется тем, что накопитель, коммутатор и нагрузка имеют различные технические ограничения и паразитные параметры, поэтому процесс передачи энергии не удастся выполнить за одну стадию и придется использовать промежуточный этап сжатия энергии. Структурная схема мощных импульсных установок МИУ показана на рис. 2. Различают первичный и промежуточный накопители энергии, в качестве накопителей энергии могут быть использованы ЕНЭ или ИНЭ, каждый из которых имеет свой коммутатор.

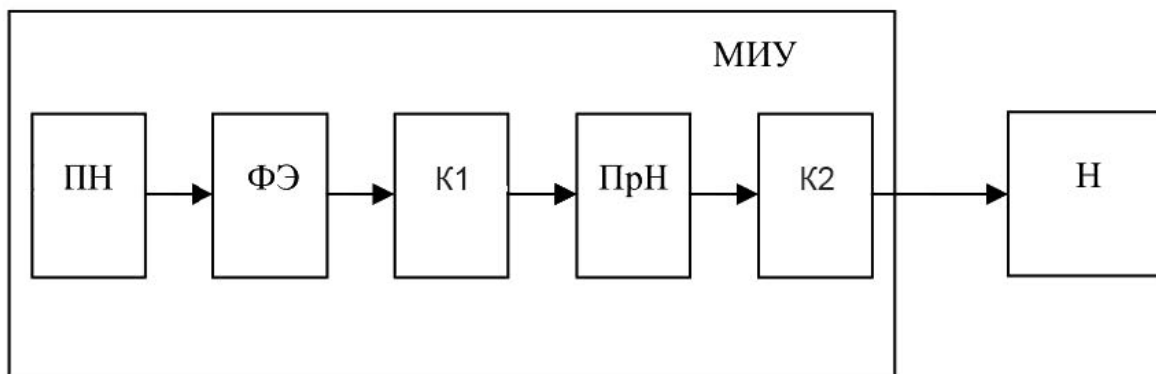


Рис. 2. Структурная схема мощных импульсных установок:

ПН – первичный накопитель, ФЭ – формирующий элемент, К1, К2 – коммутаторы, ПрН – промежуточный накопитель, Н – нагрузка

Любой генератор МИТ содержит первичный накопитель энергии, которая запасается в течение достаточно длительного времени, а затем быстро передается в формирующий элемент. Характерные времена накопления энергии в НЭ составляют от сотен минут до долей секунды. Времена вывода энергии из первичного накопителя энергии составляют от миллисекунд до долей микросекунды. Чем больше разница между временем накопления и временем вывода энергии, тем выше степень сжатия энергии накопителя. После срабатывания первого коммутатора К1 – энергия из ФЭ передается в промежуточный накопитель энергии, а после срабатывания коммутатора К2 – в нагрузку.

Библиографический список

1. Соковнин С. Ю. Мощная импульсная техника. ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2008. 65 с.
2. Пичугина М. Т. Мощная импульсная техника. Изд-во Томского политехнич. ун-та, 2013. 104 с.

УДК 621.311

М. И. Аржевикина

магистрантка кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Для потребителя важно высокое качество не только электроэнергии, но и ее составляющих, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии больших мощностей от производителя до потребителя. К сожалению, уровень качества производимой продукции не всегда настолько высок, как этого требует потребитель.

Анализ текущего состояния электроэнергетического рынка позволяет выявить следующие проблемы:

1. Недостаток законодательства.

Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 № 982 (ред. от 14.05.2016) «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии» определяет, что обязательной сертификации подлежит только электрическая энергия в электрических сетях общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц [2], но в настоящее время нет документов, которые бы определяли, что обязательной сертификации подлежит только электрическая энергия в электрических сетях автономного электроснабжения и контактных сетей. Из этого следует, что существует неопределенность в сфере сертификации, т. е. нет точного ответа, в каких областях электроэнергетики должна проводиться сертификация и какие необходимые требования для сертификации электроэнергии должны выдвигаться к потребителю и (или) производителю [3].

2. Некорректный подход к процедуре проведения подтверждения соответствия.

Электроэнергетические предприятия обязаны согласно ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» проводить замеры только в центрах питания энергоснабжающих предприятий и с минимальной частотой (один раз в сутки) [4].

3. Некорректный подход к выбору субъектов процедуры подтверждения соответствия.

Законодательство РФ, а именно ст. 542 Гражданского Кодекса РФ, подразумевает, что качество электроэнергии должно отвечать требованиям, которые установлены в соответствии с законодательством Российской Федерации [5]. Согласно статье 542 ГК РФ между энергосбытовыми (продавцы) и генерирующими компаниями (производителями) заключается специальный договор об оказании услуг по передаче электроэнергии. Однако документа, обязывающего энергосбытовые компании проходить процедуру подтверждения соответствия, не существует, а генерирующие компании относятся к процедуре подтверждения соответствия как к излишней и обременяющей [3].

4. Неопределенность субъектов энергетического рынка, за счет которых должна проводиться модернизация оборудования в точках подключения.

Некоторые эксперты в области электроэнергетики считают, что процесс модернизации оборудования должен проводиться за счет владельцев энергопред-

приятый, а не за счет государства, потому что в будущем убытки предприятий оправдаются путем повышения цены на материальные активы предприятия и курса ценных бумаг. Кроме того, расходы на сертификацию возмещаются путем повышения тарифов [3].

5. Критический уровень изношенности основных фондов отрасли.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики за 2017 г. на территории Российской Федерации степень износа основных фондов электроэнергетической системы составляет около 47.3% [6], что превышает международный критический порог (45%) [2].

6. Монополизм на энергорынках.

Статья 6 Федерального Закона № 35 «Об электроэнергетике» предусматривает принцип использования рыночных отношений и конкуренции как одного из основных инструментов формирования устойчивой системы удовлетворения спроса на электроэнергию, что позволит производителям обеспечить качество передачи электроэнергии путем установки нового оборудования и новых сооружений, тем самым снизить степень износа оборудования, а также снизить стоимость передачи электроэнергии [2]. Однако потребитель не обладает возможностью самостоятельного выбора энергокомпании, потому что самого выбора не существует. Энергосбытовые и генерирующие компании не только являются монополистами в регионах, которые они обслуживают, но и доминируют на рынках.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что на территории Российской Федерации не работают механизмы обеспечения качества в системе электроэнергетики [3], поэтому необходимо разработать комплекс нормативных документов, который позволит:

- установить требования к процедуре и критериям подтверждения соответствия объектов в области электроэнергетики;
- изменить требования к проводимым замерам;
- определить основные задачи и функции энергокомпаний и сетевых компаний в процессе модернизации оборудования в точках подключения;
- повысить конкуренцию, которая представляет собой один из основных инструментов формирования устойчивой системы удовлетворения спроса на электроэнергию, позволяющий производителям обеспечить качество передачи электроэнергии путем установки нового оборудования и новых сооружений и тем самым снизить степень износа оборудования и стоимость передачи электроэнергии.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике».
2. Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 № 982 (ред. от 14.05.2016) «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии».
3. Грищенко Д. О. Проблемы обеспечения качества в электроэнергетике // Вестник Саратовского государственного соц.-экономич. ун-та. 2013. № 1. С. 120–122.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ.
6. Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru (дата обращения: 20.02.2017).

УДК 621.8

М. И. Бакустина

студента кафедры управления в технических системах

В. Ф. Шишлаков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

СИСТЕМА СТЕРЕОЗРЕНИЯ НА БАЗЕ ТРЕХОСЕВОЙ АНТРОПОМОРФНОЙ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

В настоящее время системы стереозрения широко используются в мобильной робототехнике для получения информации, необходимой для устойчивой работы алгоритмов управления.

В Государственном научном центре Российской Федерации «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» разработан прототип конструкции системы стереозрения, представленный на рис. 1 [1]. В данной конструкции присутствуют следующие недостатки: недостаточная мощность двигателей, предназначенных для обеспечения поворота системы стереозрения, транспортное запаздывание с передачи информации датчиков в систему управления (задержка в передаче изображения). Неудачное расположение модуля связи приводит к потерям информации, а отсутствие вентиляции вызывает перегрев электронных блоков.

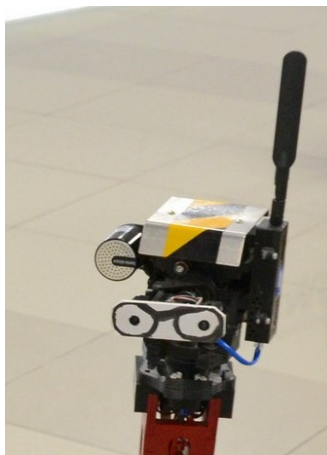


Рис. 1. Прототип системы стереозрения

В разрабатываемой системе стереозрения должны отсутствовать вышеперечисленные недостатки прототипа. Предлагаемая система должна быть универсальной, т. е. может быть установлена на любой мобильной платформе.

При разработке данной системы стереозрения была поставлена задача реализация технологии телеприсутствия на базе трехосевой антропоморфной поворотной платформы. Платформа должна быть автономной и универсальной. Оператор робота, на базе которого расположена платформа, находится в VR-очках, на которые передается изображение с камер системы. В свою очередь платформа повторяет движения головы оператора робота, создавая ощущение полного присутствия оператора на месте нахождения робота.

Задача проектирования такой платформы была реализована с помощью трехшаговых двигателей, двух веб-камер, контроллера управления шаговыми двигателями и модуля связи. Корпус был изготовлен с использованием 3D-принтера.

Шаговые двигатели [3] используются класса NEMA типоразмера 11, 14 и 17. Двигатели подобраны с учетом необходимых мощностей и геометрических размеров.

В качестве протокола обработки данных с веб-камер используется OPEN CV. Управление системой осуществляется с помощью одноплатного компьютера *Raspberry pi* через расширение CAN-шины.

Антропоморфность платформы обеспечивается предельными значениями углов поворота двигателей, подобными средним предельным значениям углов поворота головы человека. Межосевое расстояние камер соответствует среднему межосевому расстоянию глаз человека. Наклон камер регулируется, что тоже является антропоморфной характеристикой.

Каждая деталь была разработана с учетом внешних нагрузок (рис. 2–18).



Рис. 2. Крепление камеры



Рис. 3. Платформа для объединения камер

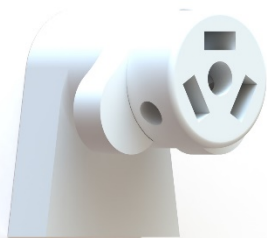


Рис. 4. Крепление камер на вал двигателя

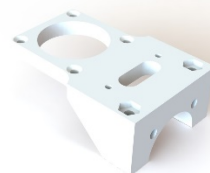


Рис. 5. Переход от камер к основной части

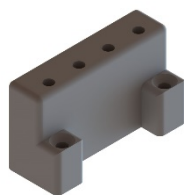


Рис. 6. Крепление концевых переключателей

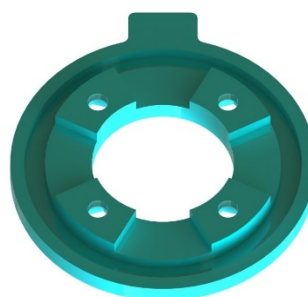


Рис. 7. Стопорный диск

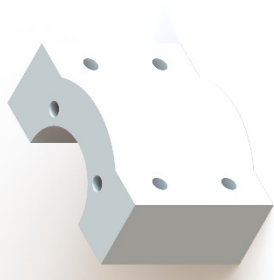


Рис. 8. Деталь хомут



Рис. 9. Площадка крепления концевых переключателей

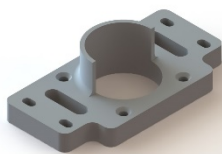


Рис. 10. Крепежная пластина двигателя

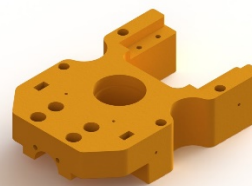


Рис. 11. Несущая деталь

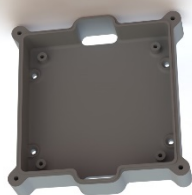


Рис. 12. Корпус платы управления



Рис. 13. Крышка корпуса платы управления



Рис. 14. Стойка для крепления платы

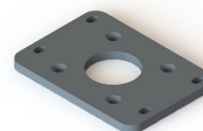


Рис. 15. Крепление нижнего двигателя



Рис. 16. Крепление концевых переключателей на нижнюю платформу



Рис. 17. Нижняя площадка



Рис. 18. Стойки крепления платформы

Был произведен статический анализ платформы на надежность, перемещение и напряжение. Каждый модуль системы является независимым (рис. 19–23). Модуль крепления платы управления и модуль крепления связи являются съемными. Конструкция разработана с учетом сохранения центра тяжести и вентиляции ее электронных элементов.

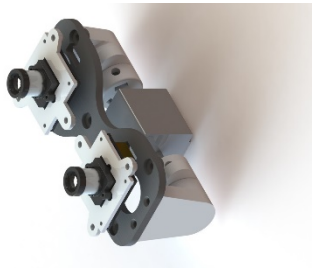


Рис. 19. Сборка камер с двигателем

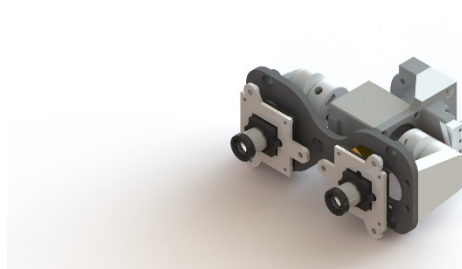


Рис. 20. Сборка узла первого двигателя



Рис. 21. Узел платы управления и модуля связи

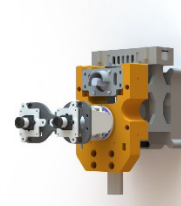


Рис. 22. Сборка несущей конструкции

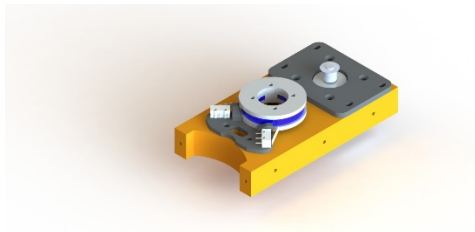


Рис. 23. Сборка нижнего механизма

Внешний вид системы представлен на рис. 24. При разработке системы были использованы информационные источники: [2].

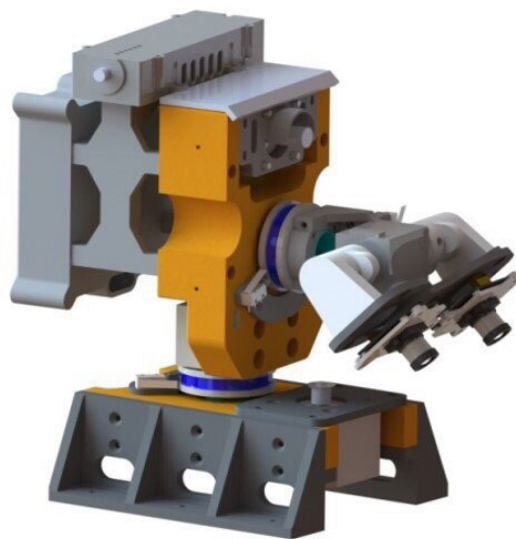


Рис. 24. Система стереозрения на базе трехосевой антропоморфной платформы

Таким образом, разработанная система стереозрения является универсальной, обеспечивает функционирование на любой подвижной платформе с достаточной степенью точности. Испытания на надежность конструкции и усталость используемых материалов показали, что все параметры лежат в заданном допуске.

Библиографический список

1. Лопота А. В., Николаев А. Б. Наземные робототехнические комплексы военного и специального назначения. СПб., 2015.
2. Дронг В. И. и др. Курс теоретической механики. Под ред. К. С. Колесникова. Том 1. 2005.
3. Электронный ресурс pololu.com.

УДК 338.5

Ф. А. Баталин

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

УПРАВЛЕНИЕ ПРИОБРЕТЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Согласно основным положениям Постановления Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 № 442 о функционировании розничных рынков электроэнергии, потребителям, не относящимся к категории «население», предоставляют широкий спектр возможностей для реализации своих прав на розничных рынках электроэнергии, а также для снижения затрат на ее приобретение [1].

Преимущество использования способа управления приобретением электроэнергии (т. е. снижение стоимости электроэнергии) в отличие от внедрения энергосберегающих технологий заключается в коротких сроках реализации, поскольку нет необходимости снижения объема электропотребления, крупных финансовых вложений и времени, так как минимизация издержек электроснабжения происходит за счет снижения операционных затрат на электропотребление, т. е. реализации прав потребителя на розничном рынке и выбора технически корректных и экономически обоснованных решений в отношениях с энергоснабжающими организациями.

Большинство потребителей приобретает электроэнергию по договорам энергоснабжения с гарантирующими поставщиками. Такая модель удобна, легкодоступна и широко распространена благодаря своим преимуществам: гарантирующий поставщик обязан заключить договор с обратившимся к нему заявителем, находящимся в зоне его деятельности, он является надежным контрагентом, статус которого закреплен на уровне нормативно-правовых актов, несет ответственность за объемы и качество поставляемой электрической энергии, обладает, как правило, устойчивым финансовым положением, предоставляет комплекс услуг согласно стандартам обслуживания. С другой стороны, гарантирующий поставщик продает электроэнергию по самой дорогой цене, снизить которую он не вправе. Поиск альтернативы максимальной цене гарантирующего поставщика актуален для всех групп потребителей за исключением населения и приравненных к нему категорий. Для крупных промышленных потребителей – предприятий с энергоемким производством – альтернативой является приобретение электрической энергии и мощности на оптовом рынке. Для компаний мелкого и среднего бизнеса, а также для разветвленных корпораций с широкой сетью филиалов, приобретающих электроэнергию на региональных розничных рынках по нерегулируемым ценам, вопрос управления приобретением электроэнергии стоит особенно остро [2].

Основная задача управления приобретением электроэнергии заключается в оптимизации предприятием первых трех составляющих цены на электроэнергию (рис. 1):

1. Стоимость производства электроэнергии 50–60% (стоимость на оптовом рынке).
2. Услуги сетевых организаций по передаче электроэнергии 40–50%.
3. Сбытовые услуги энергосбытовой организации 3–12%.
4. Услуги инфраструктурных организаций <1%.

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

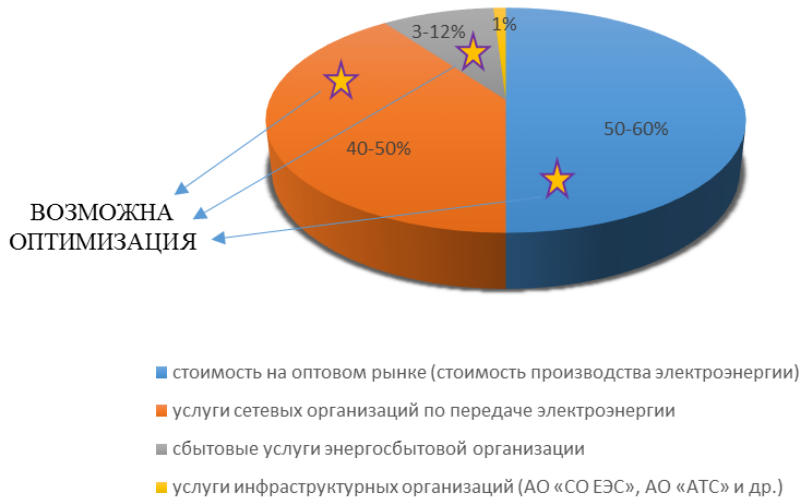


Рис. 1. Составляющие цены на электроэнергию

Тарифы и цены могут меняться в зависимости от того, где приобретается электроэнергия у гарантирующего поставщика (ГП) – 6 ценовых категорий, независимой энергосбытовой компании или розничного генератора – договорные условия.

Также существуют модели приобретения электроэнергии на розничном рынке (рис. 2):

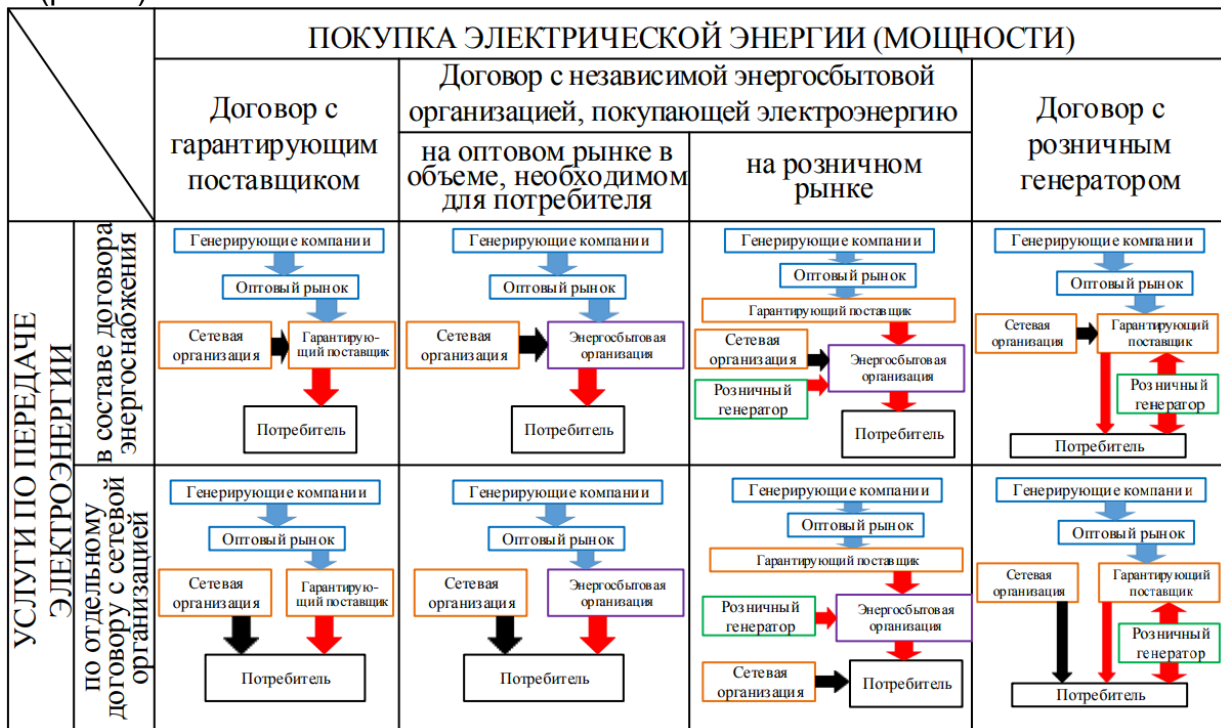


Рис. 2. Модели приобретения электрической энергии на розничном рынке

– Договор энергоснабжения (ДЭ) с ГП или с энергосбытовой организации (ЭСО);

– Договор купли-продажи электрической энергии (мощности) (ДКП) с ГП или ЭСО + договор на оказание услуг по передаче электрической энергии (мощности) (ДП) с сетевой организацией (СО);

– ДКП с розничной генерацией + ДЭ с ГП;

– ДКП с розничной генерацией + ДКП с ГП + ДП с СО.

И на оптовом рынке электроэнергетической мощности:

– Регистрация группы точек поставки (ГТП) за ЭСО – участником ОРЭМ;

– Приобретение статуса участника обращения электрической энергии и (или) мощности на ОРЭМ.

При выборе модели необходимо учитывать ряд факторов: режим потребления, сбытовые надбавки ГП и круг региональных ЭСО, уровень цен и объемы продаж розничной генерации, стоимость внедрения АИИСКУЭ при выходе на оптовый рынок (ОРЭМ).

Проведем анализ оптимизационных мер по управлению приобретением электроэнергии на основе проектов Научно-технического центра Единой энергосистемы России и составим итоговую таблицу, где отразим приобретение электроэнергии предприятиями до оптимизационных решений, выполненные мероприятия и результаты с экономией от их внедрения (см. таблицу) [2].

Анализ оптимизационных мер по управлению приобретением электроэнергии на основе проектов Научно-технического центра Единой энергосистемы России

Предприятие	До оптимизационных мероприятий	Оптимизационные решения	Потребляемая годовая мощность, МВт·ч	Результат годовой экономии, тыс. руб. и %	
				тыс. руб.	%
«А» г. Нижневартовск	По первой ценовой категории	Перевести на расчеты по четвертой ценовой категории	1 950	1 383 тыс. руб.	18,7 %
«Б» г. Новочебоксарск	Предприятие рассчитывалось по 3-й ценовой категории, а также имело большой запас мощности	1. Величина максимальной мощности уменьшена до 660 кВт путем отказа от 90 кВт в пользу сетевой организации. 2. Предприятие переведено на расчеты по первой ценовой категории	1 089	346 тыс. руб.	8,3%
«В» г. Альметьевск	По договору энергоснабжения у гарантирующего поставщика – АО «Татэнергосбыт»	Выбрана другая модель приобретения электроэнергии – договор купли-продажи (поставки) электрической энергии (мощности) с розничным генератором ОАО «Альметьевские тепловые сети»	4 150	1030 тыс. руб.	12%
АО «СО ЕЭС»	Несоответствие договоров законодательству;	Ревизия договоров с ЭСО; актуализация расчетов	45 400	8000 тыс. руб.	10,3 %

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Предприятие	До оптимизационных мероприятий	Оптимизационные решения	Потребляемая годовая мощность, МВт·ч	Результат годовой экономии, тыс. руб. и %	
	объем потребления, выставленный к оплате, не соответствовал фактическому; применялся некорректный тариф за услуги по передаче электроэнергии и сбытовой надбавки гарантирующего поставщика; цена за электрическую энергию и мощность выше цены розничной генерации	потерь; определение корректного уровня напряжения; определение корректного диапазона мощности; выбор оптимальных ценовых категорий; заключение договора с розничной генерацией			

Таким образом, анализируя итоговую таблицу по опыту внедрения оптимизационных мероприятий по управлению приобретением электроэнергии Научно-технического центра Единой энергосистемы, можно сделать вывод, насколько широкие возможности предоставляют основные положения функционирования розничных рынков электроэнергии, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 04.05.2012 № 442. Грамотный выбор оптимальных условий приобретения электроэнергии и профессиональное выстраивание отношений с энергоснабжающими организациями вместе с эффективной реализацией своих прав на розничных рынках электроэнергии может повысить рентабельность бизнеса за счет разового снижения операционных текущих затрат на электроэнергию с экономическим эффектом до заявленных 20–25%.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 30.12.2017) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (вместе с «Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии»). URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 15.12.2017).

2. Проекты Научно-технического центра Единой энергосистемы России в области управления приобретением электроэнергии. URL: <http://ntc-msk.ru/deyatelnost/roznichnyij-rynok/> (дата обращения: 16.12.2017).

УДК 629

А. В. Березуева

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

М. В. Канавцев – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Компании во всем мире сталкиваются с серьезными проблемами, связанными с постепенным и неизбежным внедрением информационных технологий в процессы производства. Часто предприятия не реагируют на новые требования технологий, что приводит к устаревшей политике, практике и стратегиям. Это затрагивает все сферы производства.

Цифровая экономика в России на официальном уровне начала свое развитие с декабря 2016 года, когда Д. А. Медведев утвердил программу «Цифровая экономика», где были выделены 5 направлений развития: нормативное регулирование, кадры, образование, формирование исследовательских компетенций и технических заделов, информационная инфраструктура и информационная безопасность. Под цифровой экономикой в этом документе понимают систему отношений, основанных на использовании цифровых технологий [1].

Управление персоналом на предприятии – область, которая должна быстро реагировать на изменения во внешней среде. При индустриальном производстве главной целью в области управления человеческими ресурсами было урегулирование трудовых споров и забота о своевременной выплате заработной платы. В постиндустриальную эру внимание перешло на обеспечение эффективного использования человеческого капитала, расширение его возможностей и повышение эффективности. Действительно, управление персоналом, которое было вспомогательной функцией в эпоху производства, превратилось в одну из ключевых сфер на производстве, так как за счет правильного и эффективного управления персоналом предприятия достигают конкурентного преимущества.

С появлением цифровой экономики управление персоналом снова находится на перепутье, часто персонал работает неполный день, и привычный полный рабочий день сменился на гибкий график. Действительно, на рынок вышло много фирм, таких как *Uber*, *AirBnb*, *Amazon*, которые представляют внештатные рабочие места и контрактную работу, когда заработная плата рассчитывается на основе выполнения заданий. Менеджеры по персоналу должны идти в ногу с изменениями в более глобальной экономике и развиваться вместе с ней.

Существует несколько причин отставания HR-отделов в цифровом развитии:

1. Кадровые системы часто отделены от сетей продаж или производства, которые должны соответствовать конкурентным темпам бизнеса. HR-система является внутренней, она может обладать более низким приоритетом, чем управление клиентами или производством.

2. В некоторых компаниях в кадровых отделах используют старые системы, содержащие данные о сотрудниках, накопленные за годы существования компании, идея об их разрушении может быть пугающей.

3. Некоторые компании могут иметь несколько систем для различных областей управления персоналом: для учебы, льгот, производительности сотрудников. Их объединение потребует больших финансовых и человеческих ресурсов.

Поэтому многие специалисты считают, что если такие системы работали хорошо на протяжении нескольких лет, то почему их необходимо разрушать?

Цифровая экономика требует корректировки привычной работы менеджеров по управлению персоналом. Например, менеджеры по персоналу в любой компании, работающей в цифровой экономике, обычно участвуют в первоначальных опросах, интервью перед занятостью, а также формулируют и завершают контрактные обязательства и условия для сотрудников. Кроме того, менеджеры по управлению персоналом более заинтересованы в модели взаимодействия с цифровым интерфейсом, а не в модели взаимодействия лицом к лицу. Пример работы менеджеров с персоналом в цифровой экономике можно найти в *Uber*: HR-менеджеры взаимодействуют с водителем через приложения и различные виртуальные интерфейсы, без личных встреч.

В цифровой экономике главной задачей HR-специалистов является создание организации будущего за счет привлечения персонала, который сможет внедрить новые изменения, адаптироваться и принять новые требования, связанные с динамичностью развития карьеры. На плечах HR-менеджеров также лежит управление карьерой и обучение персонала в реальном времени, которое возможно за счет создания онлайн-школы. Например, в Сбербанке разработана собственная школа для онлайн-обучения персонала для всех отделов и должностей.

По мере перехода компаний в цифровые организации функции HR-менеджеров должны стать одними из главных. Должен произойти переход от цифровых платформ по подбору персонала к внедрению цифровых рабочих мест, которые изменят привычные методы работы и взаимодействия между сотрудниками.

Цифровая экономика позволяет потребителям участвовать в создании продукта, разработке дизайна. Потребители являются активными пользователями продукта, что приводит к изменению в бизнес-среде. Г. Чезборо разработал концепцию открытых инноваций, когда потребители привлекаются к созданию нововведений, а главным стратегическим активом являются знания, играющие ключевую роль в устойчивом развитии предприятий в различных отраслях. Управление знаниями на предприятии должно соответствовать стратегии предприятия, это соответствие обеспечивает HR-отдел.

Цифровая экономика изменяет не только внутреннюю организацию труда на предприятии, но и методы взаимодействия с клиентами, поставщиками и партнерами. На современном рынке выживают те предприятия, которые смогли в нужный момент выйти в сеть, создать веб-сайты, где описываются основные направления их деятельности. Некоторые предприятия превратили онлайн-площадку в собственный магазин, что позволило сократить издержки по распространению своей продукции. Однако эти изменения потребовали принятия правильного и своевременного управленческого решения со стороны не только менеджеров предприятия, но и HR-специалистов, которые смогли правильно подобрать и обучить новый персонал.

Цифровые технологии формируют будущее управления человеческими ресурсами по трем ключевым направлениям:

1. Позволяют использовать новые подходы к предоставлению HR-услуг. Сотрудники регулярно используют социальные сети и мобильные устройства, почему бы не привлекать новых сотрудников с их помощью? Они также могут использоваться для быстрого и удобного предоставления HR-услуг внутри компании.

2. Делают управление талантами более легким. Технология может помочь расширить HR для организации, позволяя менеджерам и сотрудникам управлять своими профилями и выполнять многие другие процессы в формате самообслуживания. Это может помочь в момент набора, обучения, обзорах производительности и даже стратегии продвижения по карьерной лестнице.

3. Способны создать индивидуальную настройку HR-системы. Отдел кадров может использовать технологии, чтобы действовать, скорее, как отдел маркетинга, путем настройки обмена сообщениями с конкретными группами, настройки параметров сотрудников и фокусирования на индивидуальных или групповых показателях производительности.

Цифровая экономика кардинально изменила привычные способы работы предприятия, что повлияло на управление персоналом. В данный момент между работодателем и сотрудниками существует новый социальный контракт, и это то, с чем приходится сталкиваться в области управления персоналом в компаниях с цифровой экономикой.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: https://www.sbras.ru/files/news/docs/programma_tsifrovaya_ekonomika.pdf (дата обращения: 17.02.2018).

2. Кибанов А. Я. Управление персоналом организации: стратегия, маркетинг, интернационализация: учеб. пособие / А. Я. Кибанов, И. Б. Дуракова. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. 301 с.

3. Перпеляк А. И. Цифровая экономика: новые возможности для бизнеса // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4(51). URL: [https://sibac.info/archive/technic/4\(51\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/4(51).pdf) (дата обращения: 18.02.2018).

4. Исследование «Делойта» «Международные тенденции в сфере управления персоналом» за 2017 год. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/human-capital/russian/hc-2017-global-human-capital-trends-gx-ru.pdf> (дата обращения: 17.02.2018).

УДК 62-971-98

Н. А. Беседин

магистрант кафедры управления в технических системах

А. Л. Ляшенко – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ ДЛЯ ПРИВОДА ОЧИСТКИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА

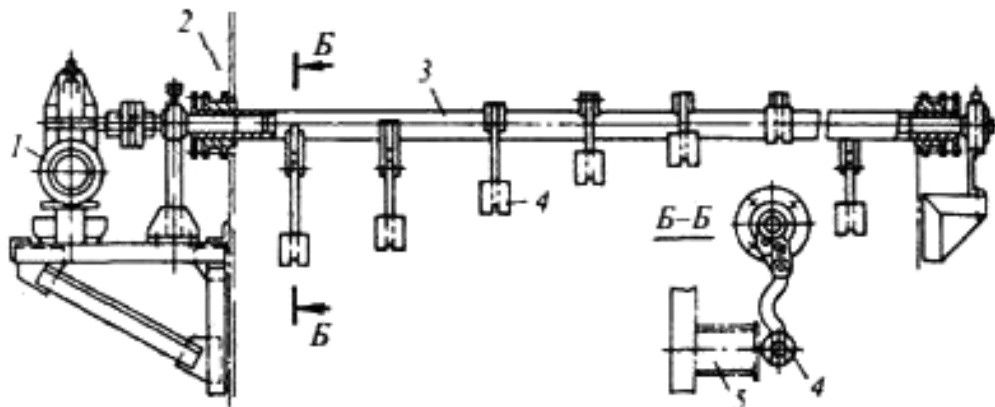
На сегодняшний день ведущие предприятия горнодобывающей промышленности перерабатывают колоссальные объемы сырья ежедневно. Для этого они используют промышленную технику и агрегаты, к выбору которых предъявляются высокие требования.

Предприятия подобного масштаба, технологический процесс на которых сопровождается интенсивным выбросом в окружающую среду запыленных газов, обязаны очищать воздух согласно нормам, регламентирующим допустимую концентрацию вредных веществ внутри и вокруг предприятия. Концентрация пыли может достигать критических показателей, что может негативно сказаться на оборудовании и внутренней отделке помещения, на состоянии здоровья сотрудников. Это, в свою очередь, может привести к выпуску некачественной продукции и удорожанию производства в целом.

Выбор систем очистки зависит от степени загрязненности воздуха на предприятии. Существует огромное количество очистительных приборов и фильтров, одним из которых является электрофильтр – аппарат, предназначенный для очистки газа от пыли или тумана с использованием электрического поля высокого напряжения.

Но сам электрофильтр время от времени также нуждается в чистке. Чтобы пыль, осевшая на осадительных электродах, не оказывала на них вредное воздействие, ее нужно удалять. Для этого может использоваться ударно-молотковый механизм встряхивания электродов, который представлен на рисунке.

Принцип работы ударно-молоткового механизма следующий. Двигатель через редуктор передает крутящий момент на привод очистки электрофильтра. Молотки, закрепленные на горизонтальном валу веерообразно (см. рисунок), ударяют по наковальне. Импульс от удара передается на осадительный электрод, что, в свою очередь, ведет к удалению пыли с последнего.



Ударно-молотковый механизм встряхивания электродов:

- 1 – электродвигатель с редуктором; 2 – корпус электрофильтра; 3 – вал;
4 – молоток; 5 – наковальня

Электрофилтры бывают различных размеров и конструкций. Следовательно, конструкция механизма встряхивания требует индивидуального подхода к ее разработке и выбору компонентов.

Задача данной статьи – показать, как следует выбирать исполнительный механизм для привода очистки электрофилтра.

В качестве исполнительного механизма для привода очистки электрофилтра из-за простоты конструкции и легкости управления мы выбрали двигатель постоянного тока с редуктором.

Двигатель является главным исполнительным элементом, преобразующим напряжение в перемещение. От того, насколько быстро двигатель развивает обороты, преодолевая сопротивление нагрузки, зависит в конечном счете быстродействие. От способности двигателя развивать момент на валу при малейших напряжениях управления зависит плавность работы и точность.

Значения скоростей и ускорений, которые может развивать реальный двигатель, ограничены по величине. Если требуемые скорости и ускорения привода выше тех, которые способен обеспечить двигатель, то попытки получения удовлетворительно работающего привода введением каких-либо корректирующих устройств будут безуспешными. Никакая система управления исполнительным двигателем не может обеспечить требуемые моменты и скорости, если они не заложены в конструкции электродвигателя.

Мощность, которую двигатель может рассеивать, не нагреваясь выше допустимой температуры, также ограничена по величине. Если мощность, теряемая в двигателе в процессе работы в заданном режиме, выше допустимой, то необходимо использовать дополнительные меры охлаждения, сокращать время работы или применять другой, более мощный двигатель.

В качестве основного рассмотрим длительный режим работы. Нагрев двигателя будем считать обусловленным среднеквадратическим моментом. Виды нагрузки сведем к типовым: постоянному статическому моменту, сухому трению, моменту, обусловленному инерционными характеристиками объекта управления, редуктора и самого двигателя [1, с. 15].

В качестве примера возьмем параметры нагрузки исполнительного механизма для электрофилтра УВ1·16 (табл. 1).

Таблица 1

Сведения о параметрах нагрузки исполнительного механизма

Статический момент	Момент инерции нагрузки	Максимальная угловая скорость	Максимальное угловое ускорение	Момент сухого трения
$M_{ст}, \text{Нм}$	$J_H, \text{кг м}^2$	$\Omega_{max}, \text{с}^{-1}$	$\epsilon_{max}, \text{с}^{-2}$	$M_{тм}, \text{Нм}$
120	40	1,5	0,6	20

Рассчитаем максимальный момент нагрузки по формуле

$$M_{мн} = M_{ст} \text{sign} \omega + \frac{J_H \epsilon_{max}}{\sqrt{2}},$$

где J_H – момент инерции нагрузки, ϵ_{max} – максимальное угловое ускорение, $M_{ст}$ – статический момент.

$$M_{мн} = 120 + 40 \cdot \frac{0,6}{\sqrt{2}} = 137,2 \text{ Нм.}$$

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Расчет требуемой мощности двигателя производится по формуле

$$P_{\text{тр}} = M_{\text{мн}} \cdot \Omega_{\text{max}} \cdot K_3,$$

где K_3 – коэффициент запаса (выбирается от 1,2 до 1,4), Ω_{max} – максимальная угловая скорость.

$$P_{\text{тр}} = 137,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 247 \text{ Вт.}$$

Выбор электродвигателя по величине требуемой мощности: так как $P_{\text{тр}} = 247$ Вт, то выбираем электродвигатель МИГ-370 ДТ. В табл. 2 представлены паспортные данные данного двигателя.

Таблица 2

Паспортные данные двигателя МИГ-370 ДТ

Номинальное напряжение	Номинальная мощность	Номинальный ток	Номинальный момент
$U_N, \text{ В}$	$P_N, \text{ Вт}$	$I_N, \text{ А}$	$M_N, \text{ Нм}$
27	370	17	0,593
Номинальная скорость	Момент инерции якоря	Пусковой момент	Масса
$\Omega_N, \text{ с}^{-1}$	$J_{\text{я}}, \text{ кгм}^2$	$M_{\text{п}}, \text{ Нм}$	$m, \text{ кг}$
600	$4,8 \cdot 10^{-5}$	7,95	9

Прежде чем перейти к расчету параметров редуктора, необходимо сделать проверку по пусковому моменту, убедиться, что двигатель выбран верно.

Необходимо, чтобы выполнялось условие

$$M_{\text{п}} \cdot i \geq M_{\text{мн}},$$

$$3180 \text{ Нм} \geq 137,2 \text{ Нм.}$$

Условие выполняется, следовательно, выбранный нами двигатель подходит для рассматриваемой задачи.

Расчет основных параметров редуктора.

Найдем передаточное число редуктора:

$$i = \frac{\Omega_N}{\Omega_{\text{max}}},$$

$$i = \frac{600}{1,5} = 400.$$

Необходимость определения основных параметров редуктора вызвана тем, что он входит в кинематическую цепь привода и во многом определяет как массогабаритные показатели, так и динамические. Кроме того, как правило, редуктор является тем звеном привода, на котором komponуются элементы, связанные с механикой и перемещениями – двигатель, первичные измерительные преобразователи и т. п., называемым обычно механическим узлом привода [1, с. 19].

Для редуктора с цилиндрическими зубчатыми колесами целью расчета является определение числа пар зубчатых колес n , количества зубьев каждого колеса z , габаритов зубчатых колес – диаметра d_i и ширины b_i [1, с. 19].

Число пар n зубчатых колес определяется по формуле

$$n = \frac{\lg i}{\lg(3-5)},$$

где i – передаточное число редуктора.

$$n = \frac{2,6}{0,6} = 4,3.$$

Полученное значение n округляется до ближайшего меньшего.

$$n = \frac{2,6}{0,6} = 4.$$

В данной работе возьмем редуктор с 4 парами зубчатых колес.

Затем определяется передаточное число пар зубчатых колес из соображений минимальности момента инерции редуктора. Поэтому передаточные числа первых двух пар выбираются в пределах $2 \div 3$, а третьей и последующих – в пределах $4 \div 8$. В результате должно выполняться равенство

$$i = \prod_{k=1}^n i_k.$$

Передаточные числа пар зубчатых колес:

$$i_1 = 2,5; i_2 = 2,5; i_3 = 8; i_4 = 8.$$

Для определения числа зубьев z_j нужно предварительно задать число зубьев ведущих зубчатых колес z_1, z_3, z_5, z_7 .

Число зубьев ведущих колес $(1,3,5,7) = 16$.

$$z_1 = z_3 = z_5 = z_7 = 16 \text{ шт.}$$

Для определения числа зубьев остальных колес воспользуемся формулой

$$z_{2j} = i_j \cdot z_{2j-1}.$$

Количество зубьев остальных колес:

$$z_2 = 40 \text{ шт.}; z_4 = 40 \text{ шт.}; z_6 = 128 \text{ шт.}; z_8 = 128 \text{ шт.}$$

Для определения размеров зубчатых колес предварительно нужно определить модуль m (в метрах) по выражению

$$m = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot M_{\max}}{K_{\beta} \cdot \sigma \cdot z_{2n}}},$$

где m – модуль зубчатых колес; M_{\max} – максимальный момент нагрузки на выходном зубчатом колесе; $K_{\beta} = 7$ – коэффициент ширины зуба, выбирается в пределах $5 \div 10$; σ – допустимое напряжение в материале зубчатого колеса при расчете на выносливость ($900 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$), z_{2n} – количество зубьев выходного зубчатого колеса.

$$m = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 137,2}{7 \cdot 9 \cdot 10^8 \cdot 128}} = 0,001 \text{ м.}$$

Определим диаметр зубчатых колес по формуле

$$d_j = m \cdot z_j.$$

Диаметры зубчатых колес:

$$d_1 = 0,016 \text{ м; } d_2 = 0,04 \text{ м; } d_3 = 0,016 \text{ м; } d_4 = 0,04 \text{ м; } d_5 = 0,016 \text{ м; } d_6 = 0,128 \text{ м;}$$

$$d_7 = 0,128 \text{ м; } d_8 = 0,128 \text{ м.}$$

Определим ширину зубчатых колес по формуле

$$b = K_b \cdot m.$$

Ширина зубчатых колес:

$$b = 7 \cdot 0,001 = 0,007 \text{ м.}$$

Полагая, что зубчатые колеса сплошные и одинаковой ширины, момент инерции редуктора можно определить по формуле

$$J_p = \frac{\pi \cdot b \cdot \rho}{32} \cdot \left(d_1^4 + \frac{d_2^4 + d_3^4}{i_1^2} + \frac{d_4^4 + d_5^4}{i_1^2 \cdot i_2^2} + \dots \right),$$

где ρ – удельная плотность материала зубчатых колес, кг/м^3 ($\rho = 7,8 \cdot 10^3$, кг/м^3).

$$J_p = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot 7,8 \cdot 10^{-3}}{32} \times \\ \times (6,55 \cdot 10^{-8} + 42 \cdot 10^{-8} + 6,73 \cdot 10^{-8} + 10,761 \cdot 10^{-8} + 0,17 \cdot 10^{-8}) = 0,35 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2$$

Суммарный момент инерции исполнительного механизма находится по формуле

$$J = J_{\text{я}} + J_p + \frac{J_{\text{н}}}{i^2},$$

где $J_{\text{я}}$ – момент инерции якоря электродвигателя, J_p – момент инерции редуктора, $J_{\text{н}}$ – момент инерции нагрузки, i – коэффициент передачи редуктора.

$$J = 4,8 \cdot 10^{-5} + 0,35 \cdot 10^{-5} + \frac{40}{400^2} = 30,15 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Чтобы убедиться в том, что выбранный нами двигатель с редуктором подходит для приведения в действие привода очистки электрофильтра, необходимо выполнить проверку по эквивалентному квадратическому моменту, или, как ее иначе называют, проверку «по теплу».

Необходимо, чтобы выполнялось условие

$$M_N \cdot i \geq M_3,$$

где M_3 – эквивалентный квадратический момент.

Эквивалентный квадратический момент, с учетом того, что в нашем механизме нет шарнирного момента и отсутствует вязкое трение, считается по следующей формуле:

$$M_э = \sqrt{M_{\text{тм}}^2 + M_{\text{ст}}^2 + \left[J \frac{\varepsilon_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \right]^2},$$

где $M_{\text{тм}}$ – момент сухого трения, $M_{\text{ст}}$ – статический момент, J – суммарный момент инерции, ε_{max} – наибольшее угловое ускорение.

$$M_э = \sqrt{20 + 120 + \left[30,15 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,6}{\sqrt{2}} \right]^2} = 11,83 \text{ Нм.}$$

$$237,2 \text{ Нм} \geq 11,83 \text{ Нм.}$$

Условие выполняется, двигатель с редуктором выбраны верно и подходят для приведения в действие привода очистки электрофилтра.

Библиографический список

1. Проектирование авиационного следящего электропривода малой мощности: учеб. пособие / В. С. Акопов, М. В. Бураков, Т. Г. Полякова. – СПб.: ГУАП, 07. 172 с.: ил.

УДК 62-531.1

А. А. Булыгин

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОРИЕНТАЦИЯ РОБОТА В ПРОСТРАНСТВЕ

Сегодня неотъемлемой частью мобильного робота, способного перемещаться самостоятельно, является его ориентация относительно локальной системы координат и возможность определения местоположения объектов в этой системе. Также для роботов с более широким функционалом и более широкой сферой применения полезной является функция определения глобальной геолокации.

В данной статье будет рассмотрен концепт робота со следующими датчиками: ультразвуковые; инфракрасные; оптические; GPS-датчики.

Задача, которую должен уметь решать данный робот, – определение расстояния до объектов, состоящих из любого материала, любой формы (за исключением тонких цилиндрических стеклянных объектов), построение локальных карт на основе полученных данных и определение своего местоположения в глобальной системе координат.

Самым простым и одновременно самым ненадежным является определение локального местоположения робота и объектов относительно робота с помощью ультразвуковых датчиков. Метод основан на способности некоторых веществ (таких, как кварц) излучать звук высокой частоты при пропускании через них электричества. Также такой элемент способен передать электрический сигнал по цепи, если на него попадают ультразвуковые волны. Следовательно, можно таким образом создать приемник и источник ультразвуковых волн, которые можно объединить в датчик определения расстояния, с помощью времени от распространения звука до его возвращения после отражения от объекта. На рис. 1 изображен один из ультразвуковых датчиков.

Также на основе ультразвуковых датчиков можно создать систему локального геопозиционирования. Для этого необходимо разместить синхронизированные ультразвуковые датчики в помещении перпендикулярно друг другу, наподобие расположения GPS-спутников, которые будут принимать ультразвуковой сигнал от робота и отсылать полученные данные о расстоянии до робота обратно для получения трехмерной системы координат, центр которой находится в точке пересечения перпендикуляров, проведенных от датчиков. Так, по сигналам, полученным роботом от таких датчиков, можно определить либо поверхность сферы положения в пространстве, либо плоскость на пересечении двух сфер, либо точку пересечения трех сфер на горизонтальной плоскости на основе данных от одного, двух или трех датчиков соответственно. Если предполагается полет робота, то возникает необходимость в четвертом датчике, с помощью которого можно определить единственную точку положения робота в пространстве.



Рис.1. Ультразвуковой датчик HC-SR04

Следующим по надежности определения расстояния до объекта является оптический датчик, действующий по принципу совпадения цифрового изображения на ПЗС-линейках. ПЗС-линейка – аналоговая интегральная микросхема, состоящая из чувствительных светодиодов, использующая технологию приборов с зарядовой связью. Датчик состоит из входной и выходной линз, зеркал, отражающих лучи в определенном направлении и расположенных на фиксированном расстоянии от входной и выходной линз, конденсора, микрообъективов и ПЗС-линейек. Конденсор строит действительное изображение выходной линзы. Микрообъективы проецируют лучи, распространенные после конденсора, на ПЗС-линейки. Задача состоит в том, чтобы получить на ПЗС-линейках идентичные изображения так, чтобы код этих изображений совпал. Для этого путем передвижения входной линзы надо задать траекторию распространения лучей так, чтобы они после отражения от полупрозрачных зеркал попадали на конденсор таким образом, чтобы после прохода через микрообъективы дублированный световой луч попал на идентичные светочувствительные элементы обеих ПЗС-линейек. Таким образом, если известно фокусное расстояние входной линзы, то путем установления фокуса можно измерить расстояние до объекта. Выходная линза нужна для возвращения лучу первоначальной траектории для получения изображения в основной камере фотоаппарата. Схема работы оптического датчика изображена на рис. 2.

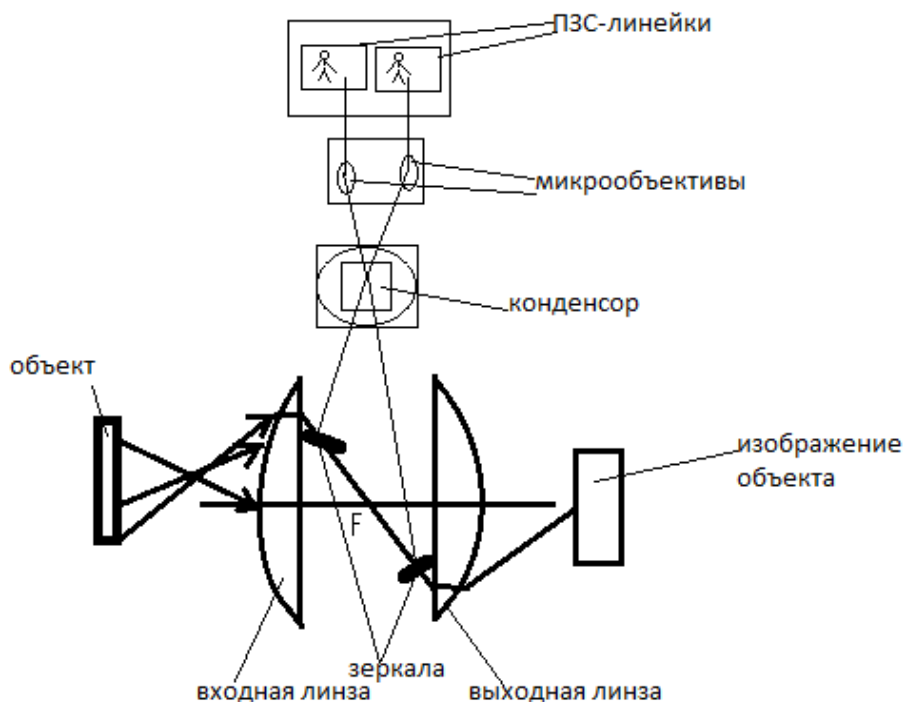


Рис. 2. Схема работы оптического датчика

Инфракрасные сканеры используют свойство объектов излучать тепло посредством испускания заряженных ионов, которые можно зафиксировать с помощью приемников, способных принимать волны из спектра инфракрасных волн. Такие сканеры могут обнаружить объект в полной темноте, в отличие от оптических датчиков. Если оборудовать робота инфракрасным прожектором, то он будет способен нагревать объекты, состоящие из многих веществ, при помощи инфракрасного излучения (за исключением тех, которые пропускают инфракрасное излучение). После чего такие объекты станут излучать нагретые ионы, которые будут попадать на инфракрасный приемник робота. Такой сигнал чаще всего имеет форму лазерного луча. К сожалению, такие сканеры не могут определять объекты на очень малых расстояниях, так как тепловой сигнал начинает дублироваться.

GPS-датчики необходимы, чтобы робот мог ориентироваться в глобальной системе координат. Эти датчики используют метод, похожий на определение положения робота относительно локальной системы координат, только вместо ультразвуковых приемников используются синхронизированные GPS-спутники, которые принимают и излучают радиоволны, а робот для приема и излучения таких волн должен иметь радиоантенну.

Такой робот имеет много преимуществ и недостатков. Многие его датчики могут работать при разных погодных условиях, если длина волны датчиков будет достаточно большой для распространения в среде с большой влажностью воздуха. Это возможно благодаря дифракции волн. Если оборудовать робота несколькими идентичными датчиками, обрабатывающими разные области пространства, то скорость обнаружения объектов увеличится, но при этом увеличится и стоимость реализации такого робота. Недостаток ультразвуковой системы геопозиционирования заключается в том, что лучи, отражаясь от какого-либо объекта, могут не достигнуть приемника, что следует учитывать при создании такой системы. Также предел измерения расстояния при помощи ультразвуковых датчиков находится между 0 и 3 м, что значительно ограничивает эффективность такой системы, но при этом она намного точнее глобальной системы позиционирования. К тому же эта система предусматривает ее установку заранее, что невозможно, если робот обрабатывает какое-либо заранее неизвестное оператору пространство.

Недостаток оптических датчиков состоит в том, что они не могут определить расстояние до прозрачных объектов, так как те пропускают световые лучи, также оптические датчики малоэффективны в темноте. Эту проблему решают инфракрасные сканеры, которые работают в полной темноте, при этом могут нагревать объекты, но на ограниченном расстоянии. Преимуществом радиоволн является их свойство преодолевать твердые объекты, но из-за большой скорости радиоволн этот метод обладает большой погрешностью измерения.

В дальнейшем робота можно модернизировать. Чтобы робот мог составлять карты, его можно оборудовать модулем памяти, куда он будет записывать данные о местоположении обнаруженных объектов относительно локальной и глобальной системы координат. Также можно запрограммировать робота определять вещество, из которого состоят объекты, используя спектральный анализ при получении данных от инфракрасных сканеров.

Таким образом, данный робот способен обнаружить объекты разных размеров, состоящих из многих веществ, при этом эффективность сканеров робота в большинстве случаев не зависит от освещения, что способствует увеличению сферы применения робота.

Библиографический список

1. Многофункциональный сайт vt-tech.eu: [https:// vt-tech.eu](https://vt-tech.eu) URL: <https://vt-tech.eu/articles/robotic/143-robo-sonar.html>.
2. Русаков Д. А. Ультразвуковая система позиционирования // Актуальные вопросы развития систем и средств воздушно-космической обороны. Сборник докладов пятой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов / Под общей редакцией кандидата технических наук Н. Э. Ненартовича. 2014. С. 677–683. 744 с.
3. Волков Ю., Капустина Н., Коротков В. Системы автоматической фокусировки (рус.) // Советское фото. 1986. № 11. С. 42.
4. Сайт компании PULSAR. URL: <http://www.pulsar-nv.com/ru> URL: http://www.pulsar-nv.com/upload/medialibrary/45f/article_thermal_imaging_rus.pdf.

УДК 621.039

И. Д. Ветюгов

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Согласно последнему вышедшему на данный момент докладу о положении дел в атомной отрасли Международного агентства атомной энергетики¹ (*International Atomic Energy Agency – IAEA*), в котором приводится подробная информация о состоянии дел в мировой ядерной энергетике, действующих электростанциях, сравнительный анализ мирного атома и возобновляемых источников энергии, можно сделать вывод, что развитие атомной энергии в мировых масштабах идет на спад. Это следует из того, что максимальная доля электроэнергии, вырабатываемой атомными электростанциями, в мировом производстве электричества (17,5%) была достигнута в 1996 году, а с тех пор она снижалась и сегодня составляет всего 10,5%.

На рис. 1 представлена динамика изменения производства электроэнергии атомными станциями. На рис. 1 кривая отображает в процентном соотношении долю электроэнергии, вырабатываемой атомными электростанциями в мировом производстве электричества с 1990 по 2016 год, а столбцы отображают суммарную годовую выработку атомными электростанциями электрической энергии в ТВтч, каждый столбец соответствует году с 1990 по 2016 соответственно.

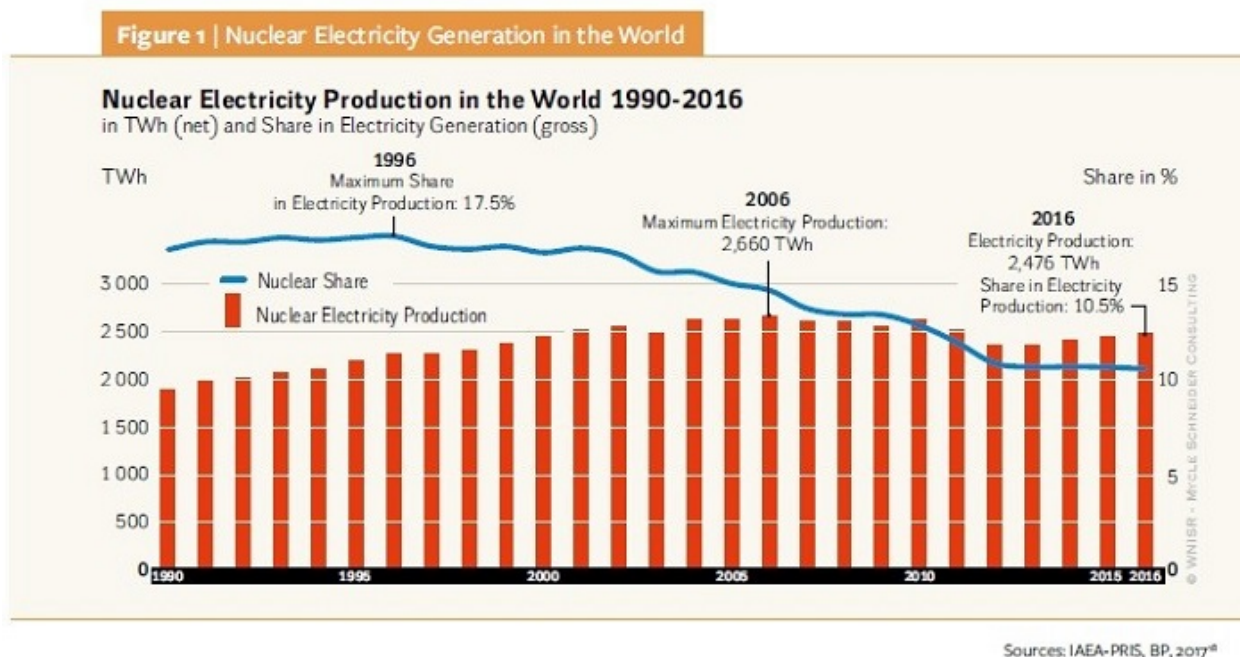


Рис. 1. Динамика изменения производства электроэнергии атомными станциями

Кроме того, принимая во внимание, что потребление человечеством энергоресурсов с каждым годом растет, можно было бы списать эти статистические факты на то, что и развитие других способов получения электроэнергии не стоит на месте, а

¹ The World Nuclear Industry Status Report, 2017.

темпы развития атомной энергетики лишь немного замедлились по сравнению с ними. Однако абсолютный пик годовой выработки атомными электростанциями электрической энергии (2660 ТВтч) был достигнут в 2006 году, в 2016 году было произведено на 7,4% меньше – 2476 ТВтч. Это сокращение обусловлено, главным образом, снижением выработки электроэнергии, которое является следствием окончательного (частично временного) останова реакторов в Японии, а также окончательного останова реакторов в Германии и США, которые частично скомпенсированы увеличением генерации в Китае и других быстроразвивающихся странах.

Спрос на электроэнергию в развивающихся странах приближается к показателям промышленно развитых стран и, вероятно, превысит их значительно раньше 2020 года. В отличие от регионов со стагнирующим спросом, быстрый рост спроса на энергоносители в этих странах, как правило, дает толчок развитию всех имеющихся в данном районе и пригодных к использованию возможностей генерации, в том числе ядерной энергетики.

Твердой политической линии отказа от строительства новых энергоблоков и закрытия старых на данный момент придерживаются лишь 4 страны: Германия, Бельгия, Швейцария и Испания.

На текущий момент эксплуатируются 447 ядерных энергетических реакторов, которые расположены в 30 странах мира. Лидерство в коммерческом использовании ядерной энергетики по-прежнему принадлежит промышленно развитым странам. Совершенно другое положение складывается со строящимися АЭС: из 60 строящихся новых реакторов во всем мире 39 находятся в быстроразвивающихся странах Азии. С 2000 года в регионе начато сооружение 85 из 105 реакторов и подключено к энергосетям 63 из 78 новых реакторов. В 2015 и 2016 годах во всем мире к энергосети было подключено 20 новых реакторов, что представляет собой наивысший показатель с 1980-х годов.

Рассмотрим возможные сценарии развития атомной энергетики. Ежегодно Агентством публикуются прогнозы глобального развития ядерных генерирующих мощностей: низкий и высокий. В их подготовке принимают участие авторитетные эксперты со всего мира; они учитывают все действующие реакторы, возможное продление лицензий, запланированные остановы и проекты строительства, которые реально могут быть осуществлены в ближайшие несколько десятилетий. Эксперты рассчитывают будущие ядерные генерирующие мощности по каждому проекту в отдельности, оценивая их осуществимость на основе допущений, исходя из которых строятся низкий (пессимистический) и высокий (оптимистический) прогнозы.

Развитие отрасли согласно пессимистическому сценарию (*low case*) не предполагает дальнейший ее рост и достижение национальных плановых показателей развития ядерной энергетики. Это консервативный, но вероятный сценарий. Установленная мощность атомных электростанций к 2030 году снизится на 12% (от текущего уровня), к 2040 году – на 15% и лишь к 2050 году вернется к уровню нынешнего дня. При этом отсутствие роста не означает отсутствие деловой активности. Для того чтобы компенсировать закрытие старых реакторов, в условиях даже пессимистичного сценария к 2050 году нужно будет построить порядка 320 ГВт новых атомных мощностей.

Оптимистичный сценарий (*high case*) предполагает сохранение нынешних темпов роста экономики и спроса на электроэнергию, причем особенно активный рост прогнозируется на Дальнем Востоке. Кроме того, во многих странах ядерная энергетика утвердится в качестве экономически эффективного средства смягчения последствий изменения климата. По прогнозам, темпы роста атомной энергетики по отношению к 2016 году будут составлять: 42% к 2030 году, 83% – к 2040 году

и 123% – к 2050 году. Речь идет об установленной мощности атомных электростанций, которая такими темпами к 2050 году достигнет 874 ГВт. А ее доля в мировой выработке электроэнергии увеличится до 13,7%. Динамика развития атомной энергетики по мировым регионам представлена на рис. 2.

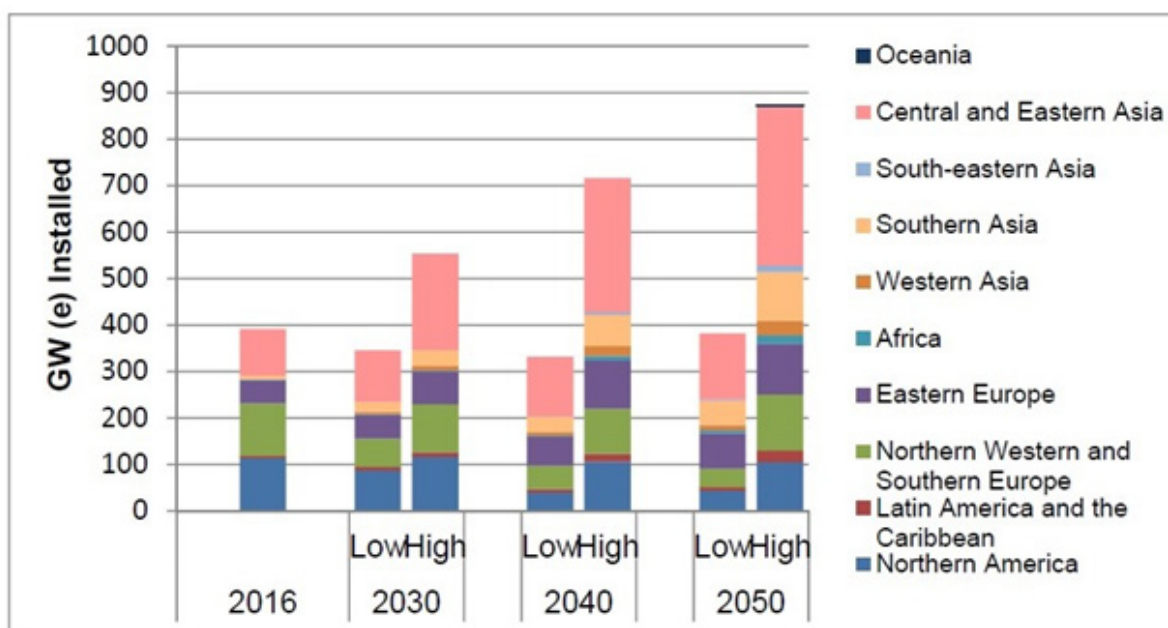


Рис. 2. Прогнозы развития атомной энергетики по мировым регионам

Отдельного внимания заслуживает развитие атомной энергетики в России. Начиная с 2009 года крупнейшая государственная корпорация «Росатом», владеющая активами и компетенциями во всех звеньях производственно-технологической цепочки атомной энергетики, публикует открытый отчет о проделанной работе за предыдущий год, а ее генеральный директор, А. Лихачев, представляет доклады о проблемах и перспективах развития отрасли в Российской Федерации на крупнейших международных энергетических форумах и конференциях. Анализ опубликованных отчетов и материалов конференций позволяет определить задачи для перспективного развития атомной энергетики в РФ:

- повышение эффективности и конкурентоспособности атомной энергетики в целом, достижение экономической конкурентоспособности новых АЭС с учетом их полного жизненного цикла, в том числе путем снижения удельных затрат на их сооружение при сохранении приоритета безопасности;
- формирование новой технологической платформы атомной энергетики с АЭС на усовершенствованных водо-водяных и быстрых реакторах, работающих в замкнутом ядерно-топливном цикле;
- увеличение экспортного потенциала ядерных технологий России, дальнейшее развитие экспорта атомных электростанций, ядерного топлива и электрической энергии. В настоящее время Россия строит большое количество энергоблоков за границей – успешно реализованы проекты «Бушер» и «Куданкулам», созданные для иранской и индийской АЭС. Они позволили создавать чистые, безопасные и эффективные источники энергии.

Решению поставленных задач развития атомной энергетики и ядерного топливного цикла в РФ будут способствовать следующие меры:

- развитие сырьевой базы атомной энергетики на основе разработки урановых месторождений на территории Российской Федерации, а также разведка, –

разработка месторождений и увеличение добычи урана в рамках зарубежных проектов;

- создание производств для выпуска новых типов топлива;
- сохранение производственных мощностей атомного машиностроения и строительно-монтажных организаций для обеспечения необходимого объема вводов энергоблоков в стране и увеличения поставок на экспорт;
- создание предприятий замкнутого ядерного топливного цикла по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами;
- повышение экономической эффективности работы предприятий энергетического машиностроения, находящихся в ведении и входящих в сферу деятельности госкорпорации «Росатом», и обеспечение их эффективной деятельности на новых рынках.

Библиографический список

1. Публичные отчеты «Росатома» за 2009–2016 гг. URL: <http://www.rosatom.ru/about/publicnaya-otchetnost>.
2. Доклад Международного агентства атомной энергетики за 2017 г. URL: https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC61/GC61InfDocuments/Russian/gc61inf-8_rus.pdf.
3. The 61st Annual Regular Session of the IAEA General Conference (архив 61-й международной конференции МАГАТЭ). URL: <https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC61/Documents>.

УДК 681.5

В. А. Волков

студент кафедры управления в технических системах

М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ**

Разработка эффективных систем торможения является одним из основных условий повышения безопасности эксплуатации автомобильного транспорта. Экстренное использование тормозов с целью быстро остановить автомобиль либо резко снизить его скорость может приводить к противоположному результату: колеса блокируются и теряют сцепление с дорожным покрытием, а автомобиль сохраняет скорость и перестает слушаться руля.

При построении описания антиблокировочной системы автомобиля обычно используют следующие допущения [1]:

1. Динамика колес автомобиля идентична.
2. Масса автомобиля равномерно распределяется по всем 4 колесам.
3. Влияние трансмиссии и подвески автомобиля не учитывается.

Таким образом, может быть рассмотрена одноколесная модель автомобиля в процессе торможения (рис. 1).

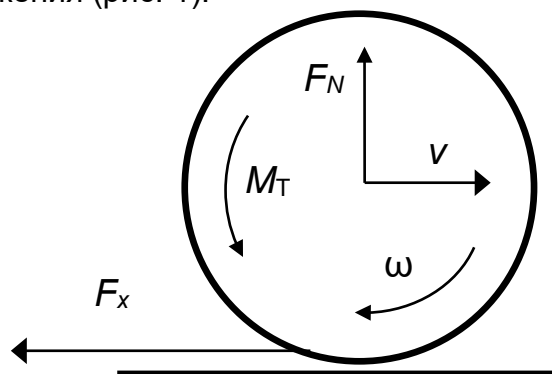


Рис. 1. Модель тормозящего колеса:

M_T – тормозной момент (Н·м); F_x – продольная составляющая контактной силы колеса (Н); v – абсолютная скорость автомобиля (м/с); ω – угловая скорость колеса (рад/с); F_N – сила реакции опоры (нормальная сила) (Н).

Уравнения движения автомобиля имеют вид:

$$\begin{cases} J \frac{d\omega(t)}{dt} = F_x(t)r - M_T(t), \\ m\dot{v}(t) = -F_x(t), \end{cases}$$

где r – радиус колеса (м); J – момент инерции колеса (кг·м²).

Продольная составляющая контактной силы определяется выражением

$$F_x = \mu(s(t))F_N.$$

где μ – коэффициент дорожного трения, s – продольное проскальзывание.

Нормальная сила получается по формуле

$$F_N = mg,$$

где m – приведенная на одно колесо масса автомобиля ($m = M/4$, где M – масса автомобиля); g – ускорение свободного падения.

Проскальзывание колеса определяется формулой

$$s(t) = \frac{v_s(t)}{v(t)} = \frac{v(t) - v_\omega(t)}{v(t)} = \frac{v(t) - \omega(t)r}{v(t)}.$$

Таким образом,

$$\omega(t) = \frac{v(t)}{r}(1 - s(t)).$$

При $s = 0$ наблюдается идеальное сцепление с дорогой, полное отсутствие скольжения. При $s = 1$ колесо заблокировано, происходит неуправляемое скольжение.

На величину $\mu(s)$ влияют многие факторы: состояние дороги, погодные условия, состояние шины, скорость автомобиля.

Для вычисления значения проскальзывания нужно иметь информацию об угловой и линейной скорости колеса. Измерение угловой скорости колеса с помощью датчиков является достаточно простой задачей. Однако точно измерить абсолютную скорость автомобиля в реальном времени сложно, что приводит к необходимости использования оценок проскальзывания.

В работе [2] для описания коэффициента дорожного трения использована формула, учитывающая скорость движения автомобиля:

$$\mu(s, v) = (C_1(1 - e^{-C_2 s}) - C_3 s) e^{-C_4 s v}.$$

Параметры, входящие в формулу, приведены в таблице.

Параметры для расчета коэффициента дорожного трения

Дорожное полотно	C_1	C_2	C_3	C_4
Сухой асфальт	1,029	17,16	0,523	0,03
Сухой бетон	1,1973	25,168	0,5373	0,03
Снег	0,1946	94,129	0,0646	0,03
Лед	0,05	306,39	0	0,03

На рис. 2 и 3 показаны зависимости дорожного коэффициента трения, полученные для различных типов дорожного полотна при разных скоростях движения.

Сравнение рис. 2 и 3 показывает, что скорость движения значительно влияет на значение коэффициента трения.

Рассмотрим производную продольного проскальзывания:

$$\dot{s}(t) = -\frac{r}{v(t)}\dot{\omega}(t) + \frac{r\omega(t)}{v^2(t)}\dot{v}(t) = \frac{-r\dot{\omega}(t) + (1 - s(t))\dot{v}(t)}{v(t)}.$$

Следовательно,

$$\dot{\omega}(t) = \frac{mg\mu(s(t))r - M_T(t)}{J}.$$

Окончательно можно записать систему уравнений, описывающих динамику колеса при торможении в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{s}(t) = -\frac{1}{v(t)}\left(\frac{1 - s(t)}{m} + \frac{r^2}{J}\right)mg\mu(s(t)) + \frac{r}{v(t)J}M_T(t), \\ \dot{v}(t) = -g\mu(s(t)). \end{cases}$$

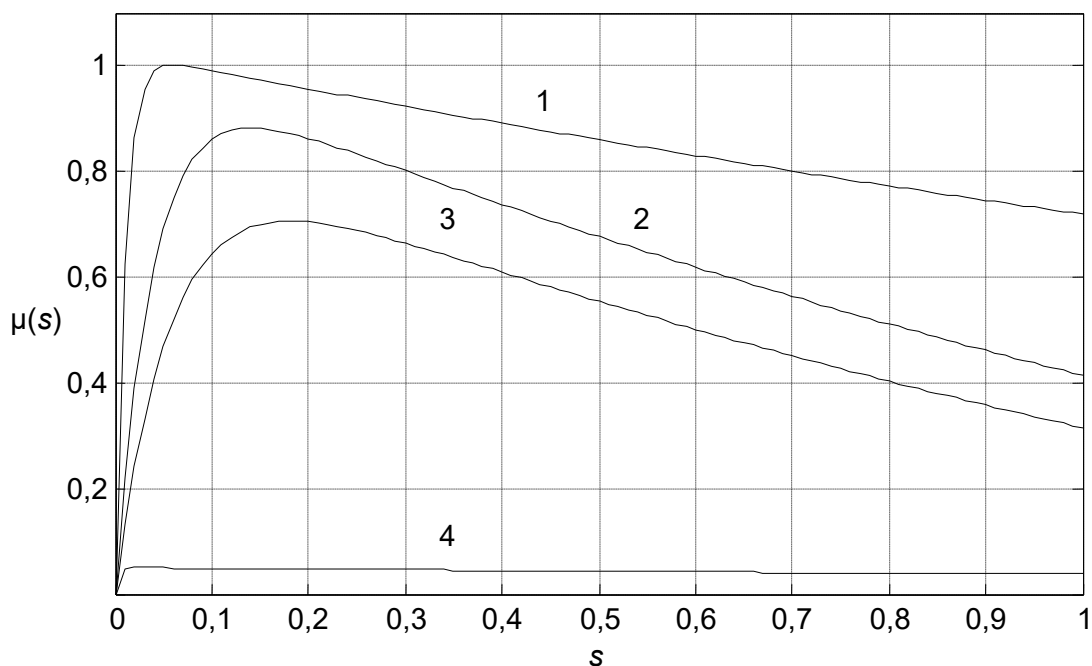


Рис. 2. Зависимость дорожного коэффициента трения от проскальзывания при скорости автомобиля 10 м/с: 1 – сухой асфальт, 2 – сухой бетон, 3 – снег, 4 – лед

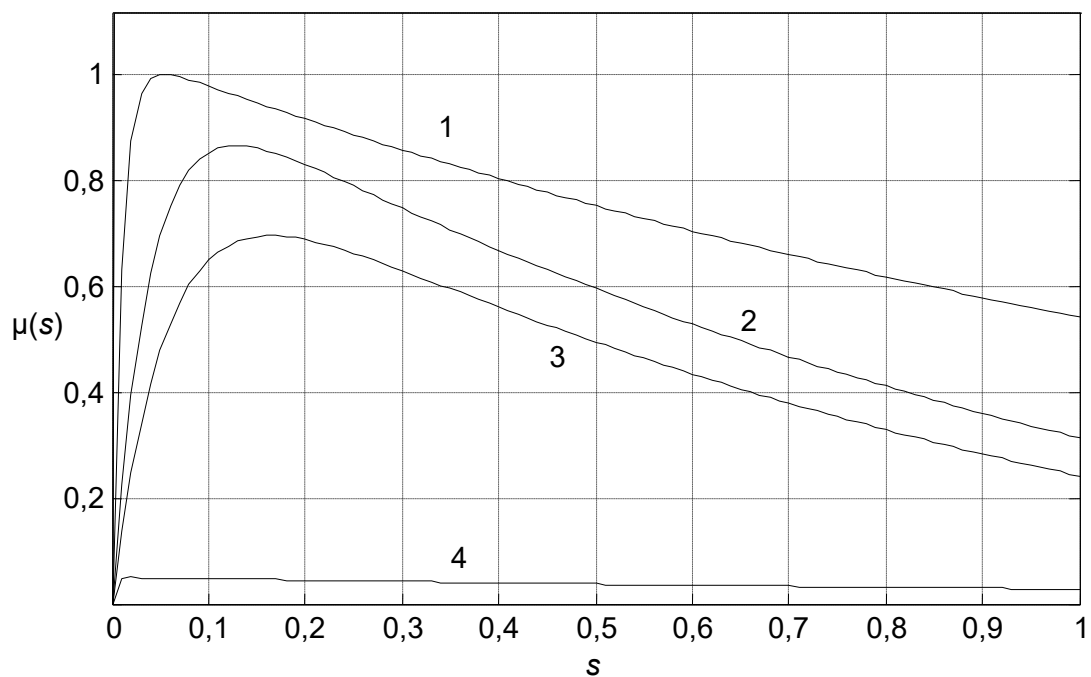


Рис. 3. Зависимость дорожного коэффициента трения от проскальзывания при скорости автомобиля 20 м/с: 1 – сухой асфальт, 2 – сухой бетон, 3 – снег, 4 – лед

Тормозной момент может быть описан упрощенно:

$$M_T(t) = \begin{cases} kP(t), & kP(t) < M_{\max}; \\ M_{\max}, & kP(t) \geq M_{\max}. \end{cases}$$

где k – константа торможения; P – давление, создаваемое тормозной системой при прижатии колодки к тормозному диску; M_{\max} – максимальное давление в тормозной системе.

Более реалистично тормозной момент можно описать передаточной функцией с запаздыванием:

$$\frac{M_T(s)}{P(s)} = e^{-\tau s} \frac{ka}{s+a}.$$

Рассмотренное математическое описание использовалось при проведении вычислительных экспериментов с различными типами моделей автомобильных антиблокировочных систем.

Библиографический список

1. Бураков М. В., Коновалов А. С. Нечеткое управление антиюзовой автоматикой. СПб.: ГУАП., 2016. 206 с.
2. Pacejka H. B., Besselink I. J. M. Magic Formula Tyre Model with Transient Properties // Supplement to Vehicle System Dynamics. 1997. Vol. 27. Pp. 234–249.

УДК 658

Д. А. Галичин

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ВНУТРИФИРМЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Оптимизация бизнес-процессов особенно актуальна для компаний, имеющих много филиалов и обслуживающих большое количество клиентов: для страховых компаний, энергетических предприятий, крупных отраслевых дистрибьюторов. Для них очень важно при росте объемов продаж и увеличении числа филиалов и подразделений не снижать качество обслуживания, но не всем это удается.

В настоящее время, когда экономика России выходит из экономического кризиса и наметились положительные тенденции в развитии энергетического производства, важное место в управлении предприятием отводится внутрифирменным преобразованиям, направленным на взаимодействие с внешней средой, ориентацию деятельности предприятия на платформе адаптации к условиям рынка и запросам клиентов [1].

Актуальность темы определяется необходимостью внутрифирменного управления энергопредприятием на основе оптимизации бизнес-процессов, а также повышения конкурентоспособности таких видов деятельности, как генерация и транспортировка электроэнергии, сбыт и оперативно-диспетчерское управление.

Установлено, что российским предприятиям необходимо менять функционально-ориентированную направленность, при которой управление деятельностью энергетического предприятия осуществляется по структурным элементам, а их взаимодействие – через должностных лиц (начальников отделов, цехов, управлений и т. п.) и структурные подразделения более высокого уровня.

Функциональные структуры обладают малой гибкостью и недостаточной приспособляемостью к изменяющимся условиям в силу заорганизованности. При процессном подходе к организации управления исполнители принимают самостоятельные решения и несут ответственность за получение результата деятельности, что позволяет быстрее реагировать на изменение условий. Наделение сотрудников более широкими полномочиями и усиление их роли на предприятии приводит к повышению их отдачи. Критерии эффективности и качества работы подразделений и организации в целом при функциональном подходе часто взаимоисключающие, процессный подход предполагает, что критерии эффективности и качества работы подразделений и организации согласованы и скоординированы.

Организация системы внутрифирменного управления требует построения модели управления, которая базируется на использовании лучших практик мирового опыта. Считается, что необходимо ориентироваться на построение модели системы внутрифирменного управления, в основе которой лежит процессный подход.

Такой подход ориентирует компанию на результат и, как следствие, на повышение качества обслуживания, сокращение затрат энергопотребления, оптимальное использование, внедрение систем автоматизации. При таком подходе каждый сотрудник знает, какую работу, в какой срок и какого качества ему необходимо выполнить, для того чтобы бизнес-процесс, в котором он участвует, при-

вел к желаемому результату. Поэтому реализация процессного подхода предполагает переориентирование организационной системы предприятия с функционального управления на управление результатами, совокупность которых обеспечивает повышение эффективности системы управления и конкурентоспособности предприятия [2].

Оптимизация бизнес-процессов на предприятиях электроэнергетики вызывает массу затруднений. Энергопредприятия не могут начать оптимизировать свои бизнес-процессы, предварительно не выделив их. Основной трудностью при выделении процессов является установка границ процессов. Существует методика, позволяющая выделить бизнес-процессы предприятия, классифицировать их и в дальнейшем оптимизировать. Выделение процессов по данной методике производится на основе:

- жизненного цикла энергопредприятий;
- границ структурных подразделений.

Такое выделение позволяет максимально адекватно отобразить процессы, протекающие на энергопредприятии, и определить контуры внутрифирменного управления. При таком способе выделения назначение владельцев процесса не вызывает затруднений. В методике приведены правила, которых следует придерживаться при выделении процессов. Для оптимизации бизнес-процессов на предприятии необходимо выполнить перечень этапов по выделению существующих процессов и созданию недостающих в соответствии с жизненным циклом энергопредприятия. Этапы работ по оптимизации бизнес-процессов на энергетическом предприятии представлены на рисунке [3].



Этапы работ по оптимизации бизнес-процессов

На первом этапе изучаются особенности и общие закономерности функционирования предприятия. Это позволяет зафиксировать миссию, стратегические цели предприятия, его структуру, принципы взаимодействия отделов предприятия, особенности, накладываемые отраслью, и т. д. В результате становится известно о направлении деятельности предприятия, о документах, необходимых для его функционирования и определяющих его деятельность, о плане развития предприятия и т. д.

Второй этап – классификация и выделение бизнес-процессов. На основе предложенной классификации бизнес-процессов выделяются бизнес-процессы предприятия, соответствующие жизненному циклу данного энергопредприятия.

Третий этап предполагает исследование каждого подразделения предприятия в отдельности, что дает возможность выявить функции управления подразделений. Выявление функций в дальнейшем позволит идентифицировать подразделение с конкретным бизнес-процессом.

Четвертый этап – распределение ответственности за выполнение выделенных процессов и внесение корректив в организационную структуру энергопредприятия. При распределении ответственности за выделенные процессы предлагается придерживаться границ подразделений энергопредприятия. На основании выбранных бизнес-процессов и уточненных функций подразделений необходимо усовершенствовать организационную структуру энергопредприятия. Результатом четвертого этапа является схема организационной структуры предприятия, которая описывает формальные отношения между отделами, бизнес-процессами, их входами и выходами [4].

Пятый этап предполагает разработку группы показателей бизнес-процессов.

На шестом этапе проводится оптимизация бизнес-процессов предприятия по определенным целям и задачам управления на основе выбранных показателей. Оптимизация бизнес-процессов проводится на основе разработанного владельцем процесса и утвержденного руководством плана мероприятий. Такой подход является наиболее эффективным. Так как владелец процесса, непосредственно с ним связанный, знает, каким образом изменить ход процесса для его более эффективного функционирования. Процесс разбивается на операции, функции (подпроцессы). После выполнения плана мероприятий необходимо проверить результаты оптимизации на соответствие усредненным и целевым значениям показателей.

Данная методика обеспечивает повышение эффективности внутрифирменного управления, главной целью которого является налаживание эффективной деятельности энергопредприятия как в ближайшей, так и в долгосрочной перспективе. Применение методики позволит предприятию:

- выделить полный перечень бизнес-процессов, протекающих на энергопредприятии;
- определить границы процессов и идентифицировать функции работников, занятых в процессе;
- определить владельцев процессов;
- определить входы и выходы процессов и их взаимосвязь в сети бизнес-процессов предприятия;
- провести оптимизацию по выбранным показателям.

Все эти процедуры дают возможность ориентировать внутрифирменное управление на взаимодействие с внутренней и внешней средой, помогают решить вопросы централизации и децентрализации управления, позволяют наладить связи между отделами предприятия в соответствии с выполняемыми бизнес-процессами. Дают возможность конкретизировать задачи управления за счет четко определенных функций и работ, выполняемых в рамках бизнес-процесса [5].

Библиографический список

1. Алексеева М. М. Планирование деятельности фирмы. М.: Финансы и статистика, 2003.

2. Бахтияров Ю. В. О стратегии развития промышленных предприятий в условиях стабилизации экономики // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Выпуск 2(9). Н. Новгород: ННГУ, 2006. С. 31–32.

3. Внутрифирменное управление промышленным предприятием. URL: <http://netess.ru/3ekonomika/459844-1-vnutrifirmennoe-upravlenie-promishlennim-predpriyatiem-osnove-optimizacii-biznes-processov.php> (дата обращения: 17.02.2018).

4. Трофимов О. В. Механизм модернизации производства предприятия // Организационно-экономические аспекты развития промышленных предприятий: сб. докл. региональной научно-практической конференции. Н. Новгород, 2008. С. 81–86.

5. Бизнес-процесс. Управление и моделирование в BPM. URL: <https://iiba.ru/bpm-business-process-management/> (дата обращения: 17.02.2018)

УДК 621.8

В. И. Гончарова

студентка кафедры управления в технических системах

В. Ф. Шишлаков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПЛАТЫ РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI ДЛЯ РАБОТЫ С CAN-ИНТЕРФЕЙСОМ

Плата расширения разработана для связи одноплатного компьютера с CAN-интерфейсом [1–6]. Выбранный интерфейс осуществляет связь компонентов, используемых в системе по средствам сетевой структуры, что обеспечивает четко определенный порядок связи платформ и устройств. В современной робототехнике этот принцип связи особенно важен и часто применяется.

Плата расширения, так же именуемая SHIELD, состоит из нескольких компонентов, таких как импульсный понижающий регулятор напряжения LM2596S, CAN-контроллер MCP2515-I/SO, приемопередатчик MCP2551-I/SN, вентилятор MF15B-05, принципиальная схема которых представлена на рис. 1. Подключение платы происходит по средствам одноплатного компьютера *Raspberry Pi*, который представляет собой маленькое устройства в виде одной платы без корпуса. Одним из плюсов выбранного устройства является программирование под *Embedded Linux*. Данная операционная система и стала решающим фактором в выборе именно этого продукта, так как имеет огромное количество примеров и готовых проектов, которые можно найти в свободном доступе в различных сообществах пользователей *Raspberry Pi*.

Понижающий регулятор напряжения обеспечивает возможные функции для понижения напряжения. Способен к понижению тока до 3 А со стабильной линией диаграммы и регулировкой напряжения. Требуется внешних составных компонентов, таких как конденсатор керамический с номиналом 680 мкФ, катушка индуктивности 68 мкГн, диод Шоттки 1N5824 с номиналом 5 и 40 В, конденсатор керамический с номиналом 220 мкФ.

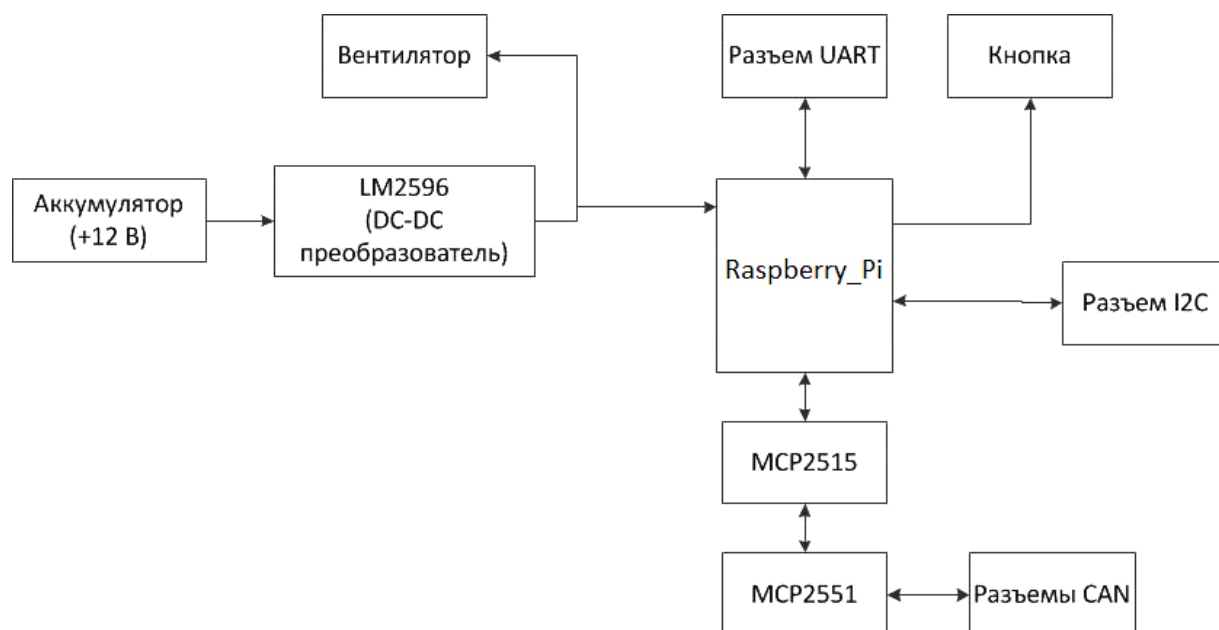


Рис. 1. Взаимодействие компонентов

Используется микроконтроллер с поддержкой CAN-интерфейса MCP2515-I/SO. В его возможности входит способность обмена данными как расширенными, так и стандартными и кадры удаленные. Требуется внешних составных компонентов, таких как конденсатор керамический с номиналом 22 пФ – 2 шт., кварцевый резонатор с номиналом 16 МГц, конденсатор керамический с номиналом 0,1 мкФ.

Выборный вентилятор марки MF15B-05 является относительно недорогой системой охлаждения, что и стало основной причиной выбора. Так как плата является SHIELD, т. е. малогабаритной платой расширения, следовательно, и размер охлаждающего компонента был выбран небольшой – 15·15 мм. Расположен на плате таким образом, чтобы охлаждать основную микросхему одноплатного компьютера *Raspberry Pi* в связи с сильным перегревом. Обладает хорошим качеством наработки на отказ.

Схема взаимодействия всех компонентов, использованных при разработке платы, представлена на рис. 1.

Была разработана электрическая принципиальная схема, которая представлена на рис. 2.

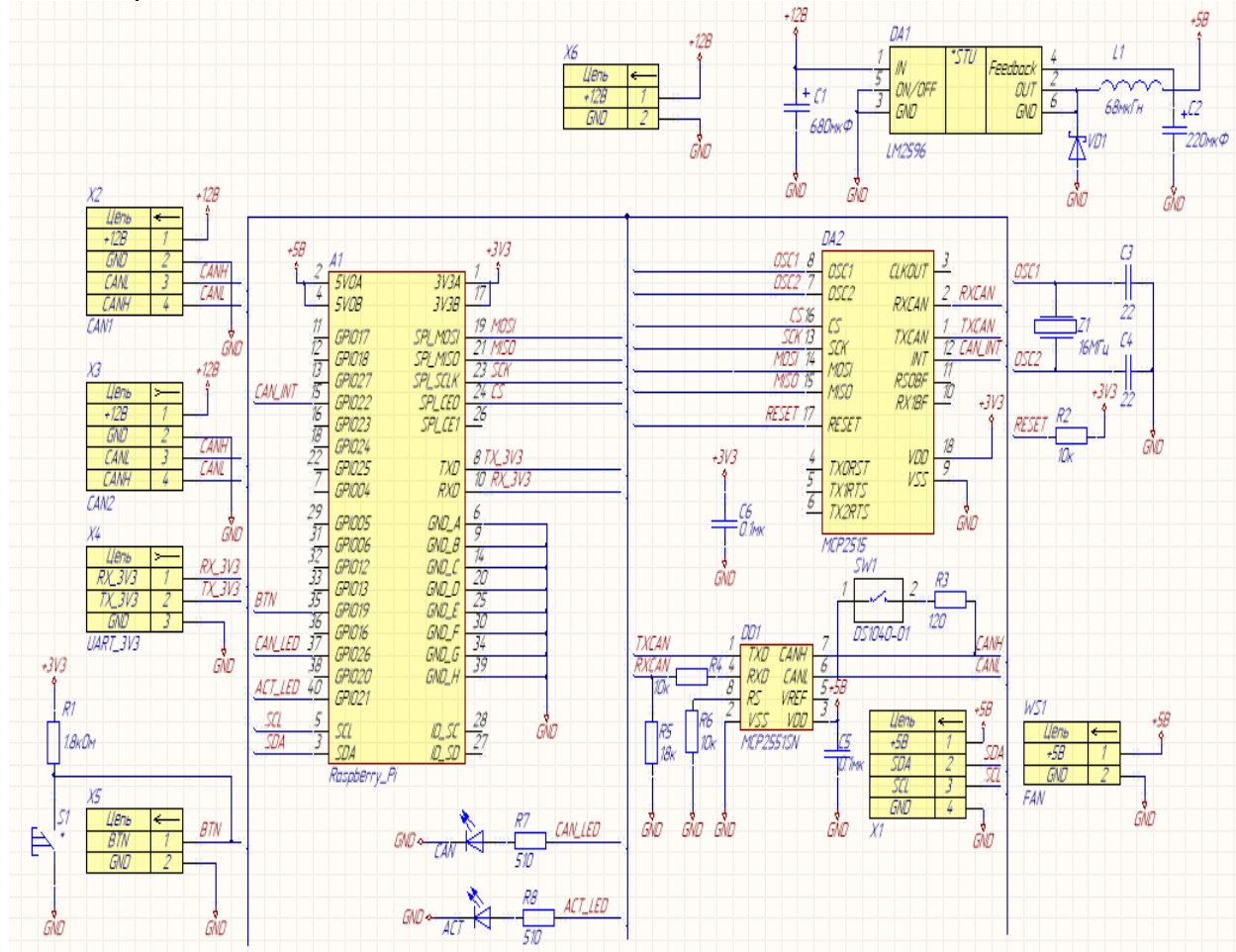


Рис. 2. Принципиальная схема платы расширения

Экспериментальным путем была получена частота 5,961 КГц, что соответствует документациям на преобразователь и доказывает корректность работы преобразователя и платы расширения в целом.

На рис. 3 показаны осциллограммы работы шины CAN, где верхняя линия – это сигнал CAN_H, средняя – сигнал CAN_L, а нижняя является результатом вычитания, т. е. CAN_H-CAN_L.

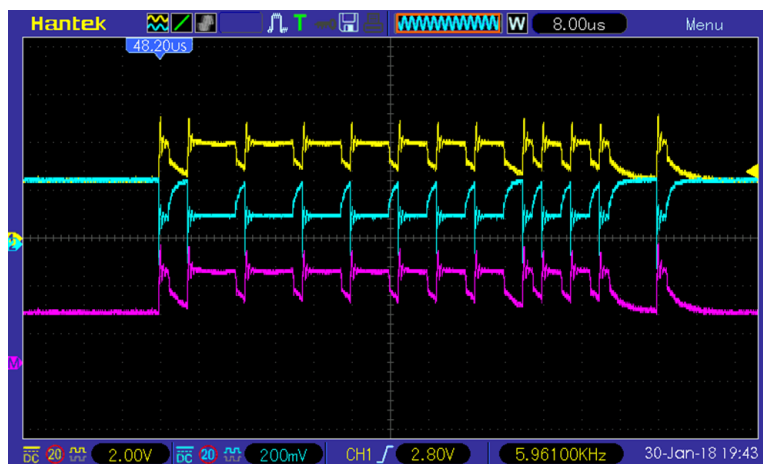


Рис. 3. Испытания работы шины CAN

Также опытным путем было определено значение минимального значения напряжения, обусловленного работой светодиода в сборке и управляемой системы в целом (рис. 4).

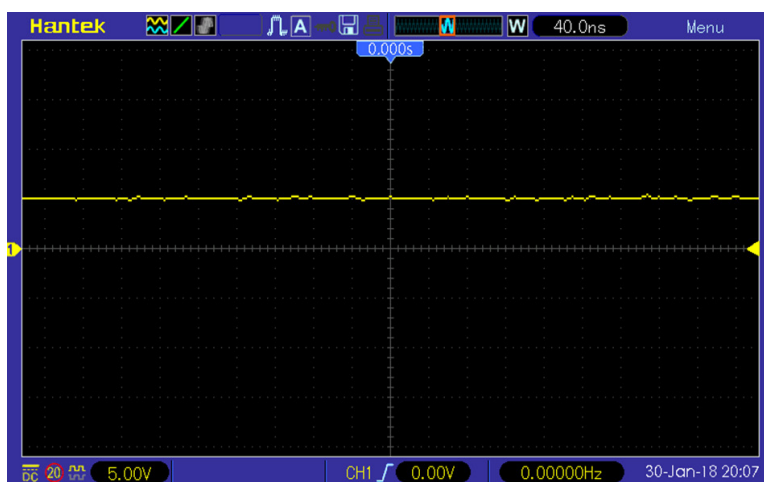


Рис. 4. Показания экспериментальных исследований работы преобразователя при напряжении меньше 5 В

В ходе испытания была проведена широтно-импульсная модуляция (ШИМ) сигнала с преобразователя. Оценка работы ШИМ, в том числе с цифроаналогового преобразователя, диаграммы сигналов показана на рис. 5, 6.

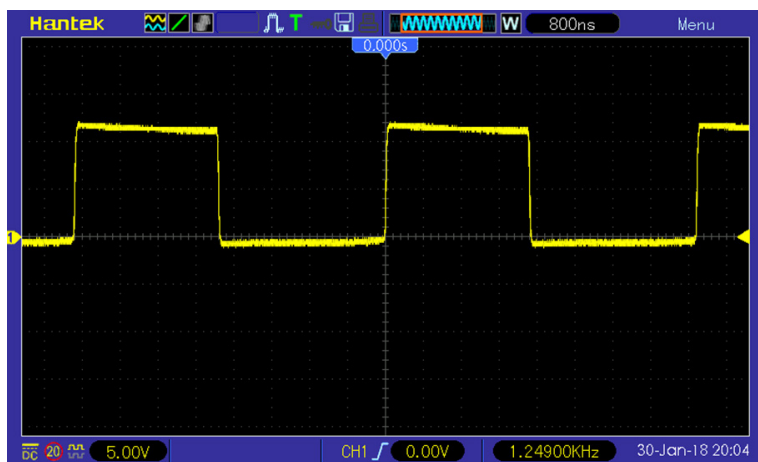


Рис. 5. Напряжение на выходе преобразователя при 12 В

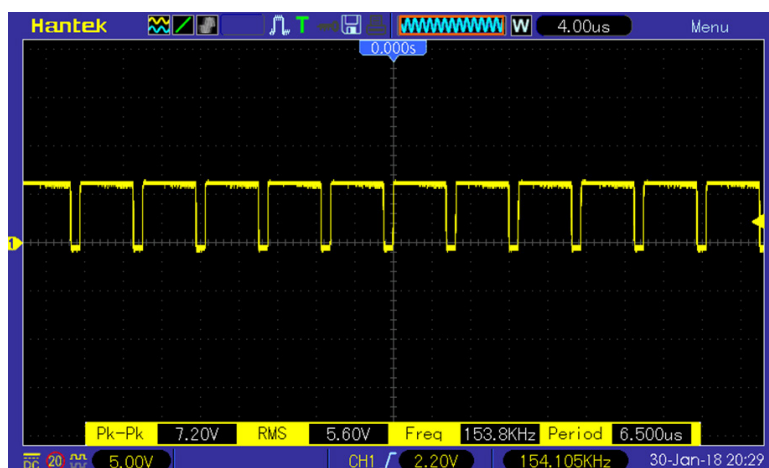


Рис. 6. Напряжение на выходе преобразователя при 6,8 В

На рис. 7 показана осциллограмма преобразователя при подаче входного напряжения на преобразователь.

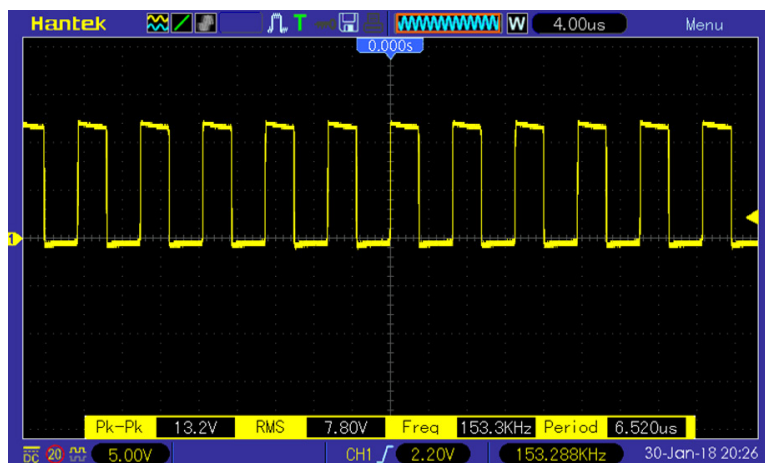


Рис. 7. Входное напряжение преобразователя

Результаты проведенных экспериментальных исследований подтверждают работоспособность преобразователя и соответствие его заданным характеристикам.

Библиографический список

1. CAN application layer for industrial application. CiA, DS201-207, ver. 1.1. 1996. 182 p.
2. Официальный сайт компании Raspberry Pi. URL: <https://www.raspberrypi.org/> (дата обращения: 25.02.2018).
3. Datasheet LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator.
4. Datasheet MCP2515T-I/ST, CAN [TSSOP-20].
5. Datasheet MCP2551-I/SN, CAN [SO-8].
6. Datasheet MF15B05 HIGH PERFORMANCE FAN.

УДК 537.29

Н. С. Горбач

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. И. Савельев – кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ЭЛЕКТРОАДГЕЗИОННЫЕ КРЕПЕЖНЫЕ УСТРОЙСТВА

Электроадгезия является результатом электростатического (пондеромоторного) притяжения электризованных тел, при котором заряды разных знаков оказываются разделены зазором между контактирующими поверхностями или тонким слоем одного из скрепляемых объектов, обедненным носителями заряда и имеющим поэтому повышенное сопротивление, примыкающее к поверхности раздела контакта. Большая часть приложенного напряжения поэтому падает на этот узкий слой, что и является причиной появления больших электростатических полей и сил.

Рассматриваемый в данной работе электроадгезионный контакт является управляемым, так как, изменяя величину электростатического напряжения, можно легко регулировать электроадгезионное усилие. В частности, если его отключить от источника напряжения, то через некоторое время переходного процесса электроадгезионная сила исчезает. Управляемый электроадгезионный контакт может быть использован как в различных крепежных устройствах [1], так и для специальных применений: контроля шероховатости [2], использования в электростатических пинцетах [3] и др. [4, 5].

Устройства, в которых закрепляемый объект является диэлектрическим и закрепляется на специальной плате, над которой с помощью системы электродов создается резко неоднородное электрическое поле, называются электростатическими крепежными устройствами (ЭКУ) планарного типа. Система электродов в данном случае представляет собой «гребенки», вставленные друг в друга и разделенные диэлектрическим слоем (рис. 1). В таких устройствах имеется два основных вида взаимодействий: дипольное, обусловленное взаимодействием диполей диэлектрика с электрическим полем платы, а также абсорбционное – определяемое силами притяжения абсорбированных зарядов в диэлектрике к зарядам на электродах платы.

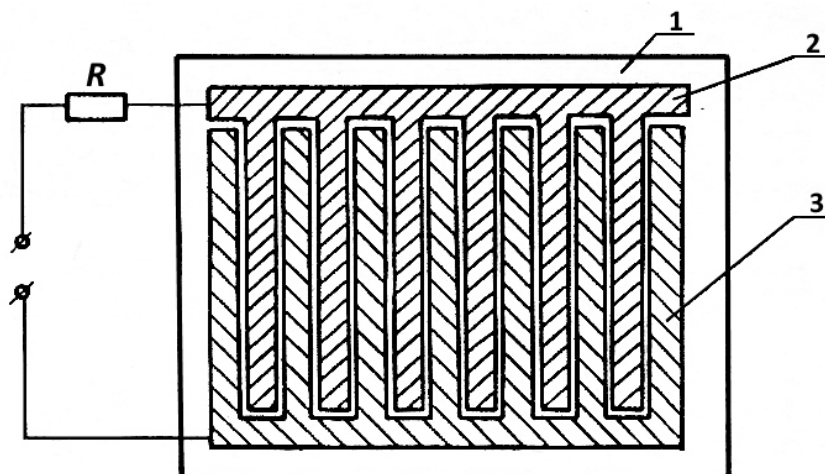


Рис. 1. Планарное ЭКУ: 1 – диэлектрическая плата; 2, 3 – электроды

В ходе расчета силовых характеристик электроадгезионного контакта были получены зависимости, позволяющие определить силу электроадгезионного притяжения в зависимости от диэлектрической проницаемости диэлектрика, величины воздушного зазора, геометрических характеристик электродов крепежной платы, а также ряда других параметров.

На рис. 2 представлена расчетная зависимость пондеромоторного давления, оказываемого на диэлектрический объект, от ширины электродов крепежной платы. Как следует из представленных данных, существует определенная ширина электродов, при которой на заданном расстоянии закрепляемого диэлектрика от платы пондеромоторное давление максимально.

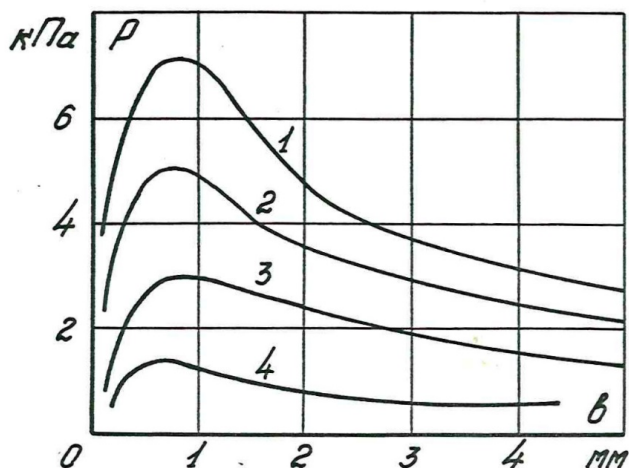


Рис. 2. Расчетные зависимости пондеромоторного давления от ширины электродов крепежной платы для объектов при $\epsilon = 100$:
1 – величина воздушного зазора $h = 0,3$ мкм; 2 – 1,0 мкм; 3 – 3,0 мкм

С учетом расчетных данных разработан опытный образец ЭКУ, использующийся в качестве электроадгезионной доски объявлений (ЭДО) (рис. 3). Она надежно удерживает объявления из бумаги и картона, обладает низким энергопотреблением, а также не требует магнитов или клеящей ленты, скрепок, кнопок и т. п. для закрепления объявлений.



Рис. 3. Опытный образец ЭКУ, использующийся в качестве доски объявлений

Электроадгезионная доска объявлений позволяет в процессе писания на ней удобно иллюстрировать записи заготовленными на бумаге рисунками. Отметим, что как традиционные старые доски для писания мелом или маркером, так и современные мультимедийные интерактивные доски не позволяют *одновременно* эффективно использовать написание и иллюстрирование.

Таким образом, разработана методика расчета силовых характеристик управляемого электроадгезионного контакта. Проведенные расчеты показали, что конструктивные параметры ЭКУ могут быть оптимизированы. Разработан, а также экспериментально апробирован опытный образец ЭКУ, показавший свою работоспособность в качестве ЭДО. Вышесказанное свидетельствует о перспективности дальнейшей работы в рассматриваемом направлении.

Библиографический список

1. Абраров В. Н. Электростатические захватывающие и закрепляющие устройства для роботизации производства ИЭТ / В. Н. Абраров // Электронная промышленность. 2002. Вып. 4–5 (142–143). 95 с.

2. Приходченко В. А., Таиров В. Н., Тонкий Л. В. Электроадгезионный способ контроля шероховатости поверхности проводящих деталей / В. А. Приходченко // Вопросы автоматизации технологических и производственных процессов. Ярославль, 2001. 97 с.

3. Электростатика. Теоретические основы и задания для расчетно-графических работ: учеб. пособие / Н. Н. Смирнова, Н. С. Пщелко, В. И. Чернобай, В. В. Фицак / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб., 2013. 60 с.

4. Pshchelko N. S., Sevryugina M. P. Modeling of Physical and Chemical Processes of Anodic Bonding Technology / Advanced Materials Research. Vol. 1040. 2014. P. 513.

5. Pshchelko N. S., Tomaev V. V. Polarization of Surface Layers of Ionic Dielectrics at the Interface Between the Electroadhesive Contact and a Dielectric // Glass Physics and Chemistry. Vol. 42. No 1. 2016. P. 105.

УДК 621.875.56

Д. Ю. Гоцуляк

студент кафедры электромеханики и робототехники

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОЛЕБЕДОЧНОГО ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

Строительное производство в настоящее время предъявляет высокие требования к эффективности работы подъемно-транспортных устройств, в том числе – порталных кранов. Портальные краны с подвесной траверсой имеют простую конструкцию. Это объясняет их широкое применение на предприятиях строительной индустрии. Основным недостатком промышленной эксплуатации этих кранов заключается в том, что при существующих способах управления кранами возникают значительные колебания перемещаемого груза и, как следствие, удары о механические упоры ограничителей. Это приводит, во-первых, к преждевременному износу и даже к разрушению конструкции крана и, во-вторых, к динамическим воздействиям.

Поэтому весьма актуальным является автоматизация и совершенствование управления однолебедочного порталного крана с целью придания этой машине новых динамических показателей качества управления, отвечающих технологическим требованиям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать математическое моделирование однолебедочного порталного крана как объекта управления;
- выполнить структурный синтез системы автоматического управления краном и параметрическую оптимизацию регуляторов;
- разработать алгоритм программной реализации задатчика и регуляторов системы управления;
- создать испытательную установку на базе порталного крана и разработать методику проведения натуральных и вычислительных экспериментов;
- разработать инженерную методику проектирования системы автоматического управления краном и выполнить проектирование варианта технической реализации системы.

Для порталного крана выбираем автоматический манипулятор (механизм), который работает без участия человека.

Интерактивный манипулятор (механизм) – робот, попеременно управляемый автоматически или оператором, оснащен устройством памяти для автоматического выполнения отдельных действий.

В зависимости от формы участия человека интерактивное управление может быть:

- автоматизированным, так есть чередующим во времени автоматические и биотехнические режимы;
- супервизорным, в котором все части цикла операций выполняются автоматически и поэтапно, а переходы между этапами задаются оператором.

Далее выбираем поколение робота, более подходящее под наши требования.

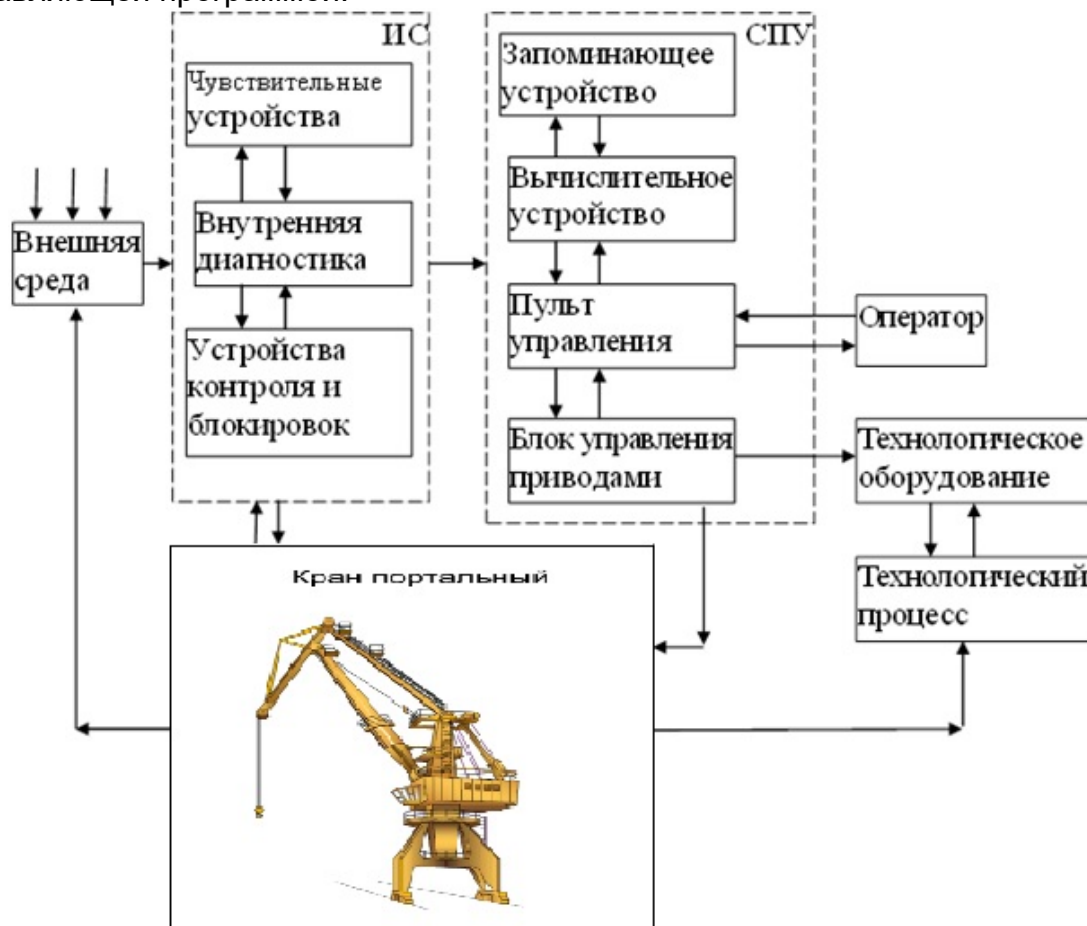
Роботы второго поколения. Это адаптивные, работающие по гибкой программе, оснащенные датчиками внешней среды и визуальными системами роботы. Для управления ими применяют микроЭВМ, микропроцессоры, а в последнее время – контроллеры. Эти роботы используются для решения более сложных задач.

В состав промышленного робота входят следующие основные части:

- механическая система робота;
- информационная система (ИС);
- система программного управления (СПУ);

В состав ИС входят чувствительные (сенсорные) устройства внешней среды, система внутренней диагностики и устройства контроля и блокировок. Информационная система обеспечивает сбор, первичную обработку и перевод в СПУ данных о функционировании механизмов робота и о состоянии внешней среды.

Система программного управления предназначена для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительным механизмам в соответствии с управляющей программой.



Функциональная схема роботизированного порталого крана

Автоматизация порталого крана и его технологических операций в целом может быть экономически целесообразной только при достаточно больших грузопотоках, ввиду, как правило, достаточно высокой стоимости высокотехнологичных систем автоматизированного управления.

Библиографический список

1. Волохов М. А., Левицкий В. Н. Основы робототехники: текст лекций. Л.: ЛИАП, 1985. 63 [1] с.: ил.
2. Капустин Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2004. 415 с.
3. Официальный сайт компании: <http://www.konecranes.ru/zapasnye-chasti>.

УДК 338.5

А. А. Далматова

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**МЕТОД ЭТАЛОННЫХ ЗАТРАТ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Идея введения эталонизации сбытовой надбавки возникла еще в 2011 году, когда участники рынка хотели уйти от регулируемой надбавки, которая не позволяла им получать прибыль и не покрывала затраты. В 2013 году Правительство Российской Федерации утвердило план мероприятий по ограничению конечной стоимости товаров и услуг инфраструктурных компаний при сохранении их финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности. Основной идеей документа была корректировка сбытовых надбавок гарантирующих поставщиков с использованием подходов по формированию эталонных затрат на энергосбытовую деятельность. Согласно этой «дорожной карте», проект постановления правительства нужно было разработать к марту 2014 года, однако он так и не был подготовлен.

В настоящий момент сбытовые надбавки гарантирующих поставщиков рассчитываются методом экономически обоснованных затрат на основании необходимой валовой выручки гарантирующего поставщика. Величина сбытовой надбавки гарантирующего поставщика устанавливается как определенный регулирующим органом региона процент от цены электрической энергии и мощности.

Совершенствование механизма установления сбытовых надбавок гарантирующих поставщиков электроэнергии заключается в использовании метода сравнения аналогов или иначе – метода эталонных затрат, который будет внедрен с 1 июля 2018 года. Основной задачей является повышение прозрачности тарифообразования, что приведет к облегчению кредитования этого сектора, и стимулирование энергосбытов к повышению эффективности.

Использование данного метода может существенно уменьшить разницу в установлении тарифов по регионам и поставки электроэнергии будут разделены на группы потребителей и будут зависеть от объемов потребления. Потребитель будет платить только за полученное количество электроэнергии, в то время как раньше ему приходилось компенсировать недобор электроэнергии, как было оговорено в контракте с поставщиком. Основной целью участников рынка, которые поддерживали введение эталонов, был уход от регулируемой надбавки, которая не позволяла им получать прибыль и не покрывала затраты.

До введения метода эталонных затрат сбытовые компании закладывали в надбавки свои максимальные затраты и издержки, так как сбытовые надбавки зависели от стоимости электроэнергии на основании оптовых поставок. Поэтому энергосбытовым компаниям выгоднее было покупать электроэнергию дороже, так как экономия приводила к снижению тарифа и, соответственно, собственных доходов. У сбытов фактически не было никакого стимула оптимизировать свою работу – доходность бизнеса зависела в основном от способности продать побольше энергии за максимальную цену. Для увеличения прибыли сбыты, например, нередко покупали более дорогую энергию на оптовом рынке, так как получали доход в виде процента от цены на электроэнергию (мощность). Теперь же чем дешевле гарантирующий поставщик приобретет электроэнергию, тем привлекательнее будут его услуги для потребителей. Сокращая свои затраты, компания сможет оставлять у себя сэкономленные средства.

Согласно этому методу затраты и издержки не включаются в стоимость тарифной надбавки, а определяется она на основании стоимости киловатт-часа. На данный момент сбытовые надбавки в регионах отличаются в разы, такой разброс сложился из-за разного подхода к сбытам в регионах: где-то власти соглашались с обоснованностью дополнительных выплат сбытам, а где-то сдерживали рост тарифов за их счет, поэтому ставка будет корректироваться с учетом местных особенностей. Чтобы избежать резких изменений, которые в случае снижения тарифа могут ухудшить положение сбытов, а в случае повышения – потребителей, вводится переходный период: те, у кого текущие надбавки ниже эталона, будут доходить до надбавки 3 года, а те, у кого выше, будут опускаться в течение 2 лет. Изменения в корректировках надбавок будут происходить реже – раз в 3 года, а не раз в полгода, что является несомненным преимуществом.

В использовании метода эталонных затрат появляется новый показатель – расчетная прибыль для гарантированных поставщиков (в методе экономически обоснованных затрат прибыль была нулевая). Она составит 1,5% от необходимой валовой выручки за вычетом сетевой и инфраструктурной составляющих, что позволит компаниям получать дополнительный доход, если фактические затраты будут ниже эталонных.

Вырученные за счет предпринимательской прибыли средства можно распределять по своему усмотрению: инвестировать в развитие или выплачивать дивиденды акционерам.

Эталонные затраты будут делиться на жестко нормируемый OPEX (постоянная составляющая эталонов и переменная, включающая расходы на обслуживание кредитов и резервов по сомнительным долгам) и CAPEX (инвестиционная составляющая). Вводятся новые понятия: постоянные и переменные затраты. Постоянные затраты – расходы, связанные с доставкой электроэнергии на точку поставки, например содержание помещений, оплата труда, организация работы, а переменные – затраты на оплату кредитов, погашение долговых обязательств и заем денег на закрытие кассовых разрывов. Эталонный размер постоянных и переменных затрат будет определяться для каждой точки поставки. К этим затратам будут применяться региональные коэффициенты с учетом удаленности и коэффициенты масштаба (чем больше точек поставок у гарантирующего поставщика, тем ниже будет этот коэффициент). Все эти нововведения направлены на рост конкуренции и оптимизации расходов потребителей.

Если усовершенствование механизма установления сбытовых надбавок будет удачным, Федеральная антимонопольная служба намерена распространить эталонный метод и на сетевые компании, тогда вся электроэнергетика перейдет к новым принципам тарифного регулирования. В этом случае прибыль будет значительно выше, чем в энергосбытовом секторе: на долю сбытовой надбавки в конечной цене для промышленных потребителей приходится не более 5%, на сетевую составляющую – около 50%.

Также изменения коснутся области деления сбытовой надбавки по группам потребителей: население и приравненные к нему категории потребителей; сетевые организации, которые покупают электроэнергию у гарантирующего поставщика для компенсации потерь, и третья группа – прочие потребители, которые подразделяются на 3 подгруппы: мощностью не менее 10 МВт; от 670 кВт до 10 МВт; менее 670 кВт. Категории потребителей от 150 до 670 кВт объединены.

По новым правилам потребитель может беспрепятственно выйти на оптовый рынок электроэнергии самостоятельно или через сбытовую организацию с начала любого квартала, так как отменяется требование об оплате выпадающих доходов

гарантирующего поставщика при переходе потребителя к энергосбытовой организации в течение периода регулирования (не с нового года).

В «Россетях» поддерживают модернизацию тарифообразования через введение федеральной ставки с использованием эталонов, при этом регионы должны учитывать локальные надбавки на развитие инфраструктуры, которые рассчитаны в соответствии с федеральными нормативами. Самое главное в этой схеме – соглашение с регионами о деятельности и инвестиционные задачи, которые необходимо выполнить с гарантией долгосрочного тарифа. Это позволит снизить коррупционную емкость тарифов.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 21 июля 2017 года № 863 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросу установления сбытовых надбавок гарантирующих поставщиков с использованием метода сравнения аналогов».

2. Приказ от 21 ноября 2017 года № 1554/17 об утверждении методических указаний по расчету сбытовых надбавок гарантирующих поставщиков с использованием метода сравнения аналогов.

3. Метод эталонных затрат для энергосбытовых компаний. URL: <http://www.19rus.info/index.php>.

4. Сайт Федеральной антимонопольной службы. О вопросе тарифного регулирования в электроэнергетике и ЖКХ. URL: <http://www.orael.ru/2017/10/04/news-17-137>.

УДК 681.5

Д. Ю. Демидов, Г. Р. Емельянов

студенты кафедры управления в технических системах

М. С. Брунов – старший преподаватель – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ С ЛИНЕЙНЫМ КВАДРАТИЧНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

Введение

В процессе проектирования линейного квадратичного регулятора возникает задача выбора весовых матриц, входящих в состав функционала качества. Имеется в виду функционал, минимизация которого определяет параметры оптимального регулятора. Существуют различные рекомендации для выбора этих весовых матриц, однако пока нет какого-то универсального подхода, разрешающего все проблемы во всех ситуациях. Поэтому актуальным представляется изучение возникающих задач методом моделирования. В этой работе исследуются переходные процессы и частотные характеристики линейной стационарной системы 4-го порядка, представленной в пространстве состояний. Система состоит из объекта управления, линейного квадратичного регулятора и наблюдателя состояний полного порядка. Для получения частотных характеристик осуществляется переход из формы описания системы в пространстве состояний к описанию в виде передаточной функции. При исследовании характеристик используются стандартные функции пакета *Matlab*.

Описание системы управления

Объектом изучения является упрощенная модель системы стабилизации курса корабля.

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -0,05 & -6 & 0 & 0 \\ -10^{-3} & -0,15 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 13 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} -0,2 \\ 0,03 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \delta(t) \quad (1)$$

В которой вектор состояния будет иметь вид $x^T(t) = [\dot{U} \quad \dot{\omega} \quad y \quad \theta]$, где \dot{U} – скорость в поперечном направлении, $\dot{\omega}$ – угловая скорость корпуса корабля, y – отклонение корабля по оси, перпендикулярно курсу, θ – угловое отклонение от курса. Предполагается, что измеряется 3-я координата вектора состояний. Управляемой переменной является отклонение корабля от курса, сигнал управления – угол поворота руля.

Для объекта, заданного уравнениями состояния (1), управление по состоянию описывается выражением

$$u(t) = -KX(t) + g(t),$$

где K – вектор коэффициентов обратной связи.

Задача синтеза регулятора может быть решена различными способами. Мы рассмотрим управление с помощью линейного квадратичного регулятора. Критерий оптимальности наиболее часто используется в виде

$$J = \frac{1}{2} \int_{T_1}^{T_2} (X^T(t)QX(t) + U^T(t)RU(t)) dt,$$

где Q и R – квадратные симметричные ($Q = Q^T$ и $R = R^T$) положительно определенные матрицы, называемые весовыми матрицами состояния и управления, T_1 и T_2 – начальное и конечное время, так есть границы временного участка, на котором рассматривается управление.

Такие регуляторы, которые обеспечивают для линейной системы минимум критерия (2), называются линейными квадратичными регуляторами (*LQR – linear quadratic regulator*).

Поскольку измеряется только третья координата вектора состояний (отклонение корабля по оси, перпендикулярно курсу), для обеспечения регулятора информационными потоками используется наблюдающее устройство полного порядка. Таким образом, на вход линейного квадратичного регулятора поступают оценки всех четырех фазовых координат, вырабатываемые наблюдателем.

Моделирование в пакете *Matlab*

Систему с регулятором состояний, замкнутую по наблюдателю, можно представить в виде системы с единичной отрицательной обратной связью, выраженной в виде передаточных функций. Подробное описание этой процедуры можно найти, например, в работе [1]. В результате мы можем построить частотные характеристики разомкнутой системы и оценить по ним запасы устойчивости. Целью моделирования являлась оценка запасов устойчивости по амплитуде и фазе при увеличении весовой матрицы Q . Значение весовой матрицы R предполагалось равным 1000. В процессе моделирования увеличение величины матрицы Q осуществлялось путем умножения единичной матрицы 4-го порядка на возрастающий коэффициент, последовательно принимающий следующие значения: 1; 10; 100; 1000.

Результаты моделирования представлены на рис. 1–2. На рис. 1 показаны кривые стабилизации курса при указанных выше значениях матрицы Q . С увеличением величины этой весовой матрицы размах колебаний и время установления переходных процессов уменьшаются.

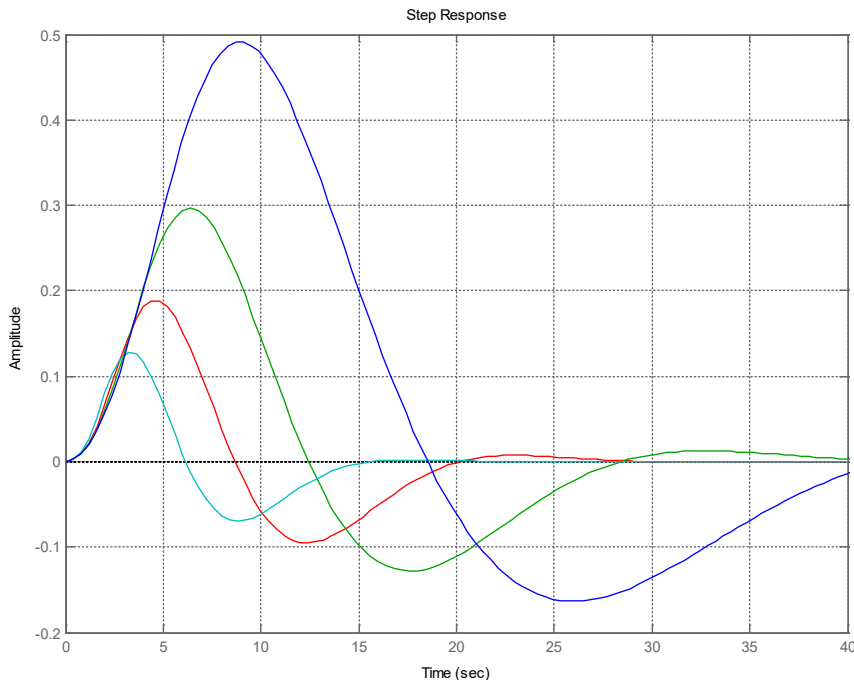


Рис. 1. Переходные процессы при разных значениях матрицы Q

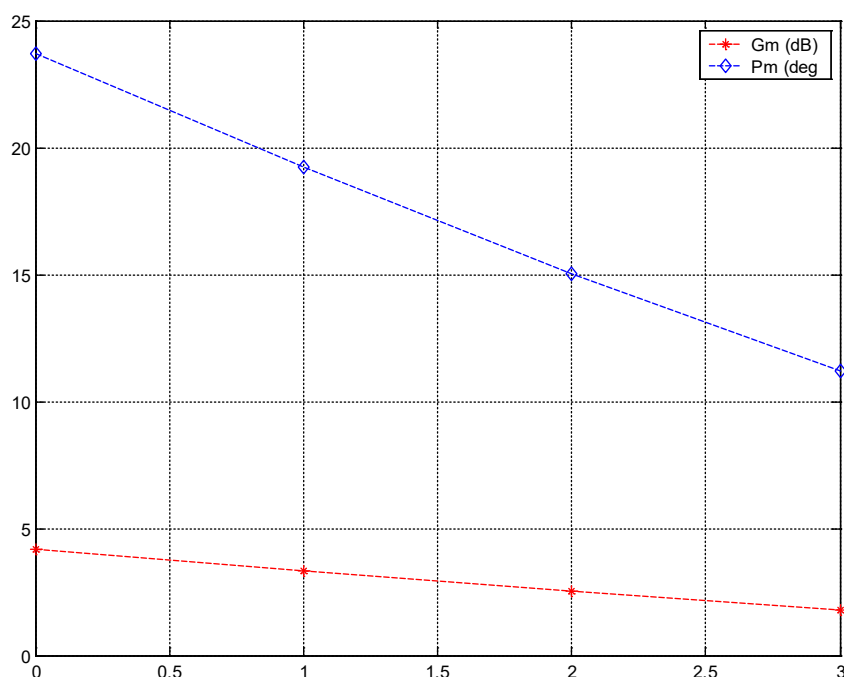


Рис. 2. Запасы устойчивости при разных значениях матрицы Q

Противоположная ситуация наблюдается при анализе частотных характеристик, которые изображены на рис. 2. С увеличением значений весовой матрицы Q запасы устойчивости как по амплитуде, так и по фазе уменьшаются. Таким образом, анализ частотных характеристик при выборе весовых матриц предоставляет дополнительную информацию для разработчиков систем управления в пространстве состояний.

Заключение

В статье была рассмотрена упрощенная модель системы стабилизации курса корабля. Был спроектирован линейный квадратичный регулятор и наблюдатель полного порядка. При выборе весовых матриц были исследованы частотные характеристики. По результатам моделирования можно сделать вывод, что такой переход из временной области в частотную и обратно может быть полезен при проектировании подобных систем управления.

Библиографический список

1. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М., 2001.
2. Бураков М. В. Теория автоматического управления: учеб. пособие. Часть 2. СПб.: ГУАП, 2014.

УДК 004.932.2 004.048

И. В. Дурмашев, И. Ю. Воробьев

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

ОБЗОР МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ К ЛОКАЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

Для роботов, функционирующих внутри помещений, неэффективно использовать датчики (GPS), так как стены поглощают сигнал, идущий от спутника. Следовательно, нужны средства для локализации робототехнического средства внутри данного помещения. Распространенным подходом в локализации является использование визуальной информации, полученной с камеры робота.

В данной статье [1] авторы предлагают использовать визуальную информацию для локализации беспилотного летательного аппарата (БПЛА) путем сравнения изображения, полученного с камеры, со смоделированным изображением, полученным на основе 3D-модели помещения.

Ключевым моментом в предлагаемом методе визуальной локализации является сравнение и численная оценка схожести двух изображений: полученного с камеры и смоделированного на основе модели помещения. Авторы предполагают, что алгоритм строит ряд гипотез о положении робота в пространстве, затем на основе данных гипотез моделируются изображения, каждое из них соответствует изображению, которое должен получить робот, если он находится в этой предполагаемой точке. Таким образом, на каждой итерации алгоритма сравнивается изображение с камеры со множеством смоделированных изображений и определяется степень их схожести.

Наиболее подходящим для решения данной задачи, по мнению авторов, является метод сопоставления. Данный метод использует грани, наблюдаемые в изображениях, для их сопоставления. Грани в данном случае будут образованы элементами конструкции помещения: стыки стен, потолка и пола, границы окон и дверей и т. д. Для данного метода достаточно учесть в модели помещения основные конструктивные элементы, что существенно упрощает создание 3D-модели помещения.

Для обработки данных о схожести изображений авторы предлагают использовать алгоритм локализации, основанный на множестве частиц. Преимуществом такого метода является то, что он позволяет использовать множество гипотез, а также нелинейные модели как самой системы, так и показаний датчиков. С помощью камеры дрона происходит анализ изображения и выделение граней на полученном изображении. Затем с частиц граней с полученного изображения опускается нормаль на грань смоделированного изображения.

В данном методе необходимо определить оптимальное количество частиц, которое обеспечит приемлемую ошибку локализации и достаточную частоту вычислений.

Цель авторов статьи [2] состоит в том, чтобы изучить автономную модель полета БПЛА, используя опыт пилотирования человека БПЛА вокруг статических препятствий. Подход к обучению использует видеоданные с передней камеры, которая записывает полет человека-пилота. Различные функции, основанные на компьютерном зрении, извлекаются из видео, относящегося к информации о градиенте. Зарегистрированные управляемые человеком траектории движения используются для обучения автономной модели управления, ко-

торая коррелирует извлеченный вектор признаков с командой рыскания. В рамках подкрепляющего подхода к обучению модель автономного управления итеративно обновляется с обратной связью от человека, который исправляет нежелательные результаты модели.

Автономность дает возможность БПЛА получать информацию о своем текущем состоянии или окружающей среде и выполнять задачи, основываясь на данной информации, без прямого контроля человека. Но при этом человек в любое время может изменить роль в инициировании БПЛА для входа в автономный режим и удаленно контролировать БПЛА.

Для внутреннего тестирования БПЛА авторы статьи создали искусственный лес и при помощи программного продукта *Gazebo* смоделировали среду, в которой 1000 стволов деревьев размещены случайным образом на территории 200 × 100 метров. В каждом эксперименте БПЛА, управляемый пилотом, устанавливается на фиксированной высоте и перемещается вперед с постоянной скоростью. Пилот контролирует БПЛА командой рыскания, чтобы безопасно перемещаться в окружающей среде. На основе данных, полученных с передней камеры, модель автономного управления перемещается в смоделированной среде.

В моделируемой среде БПЛА может переместиться в конец имитируемого леса, не сталкиваясь с деревом, после 5 итераций обучения. Первоначальное тестирование во внутренней среде показало, что система смогла перемещаться среди случайным образом размещенных искусственных деревьев. На данный момент тестирование продолжается в более плотной сцене. Некоторые проблемы возникают из-за узкого поля зрения и вычислительных затрат, вследствие трудности быстрой обработки большого объема информации, содержащейся в видеопотоках.

Авторы статьи [3] поставили такую задачу: поместив квадрокоптер с нейросетью для самообучения в максимально затрудненное для навигации помещение с большим количеством комнат и мебели, чтобы, попадая в многочисленные аварии, робот учился именно на приобретенном опыте. Ученые спроектировали систему самообучения, которая учитывает отрицательный и положительный опыт полета по траекториям.

Все столкновения были совершенно случайными: БПЛА помещали в произвольную точку пространства, и он летел в случайном направлении. После аварии он возвращался в начальную точку и снова летел в случайном направлении, пока не происходило столкновение.

Камера квадрокоптера снимает 30 кадров/с, а после аварии все кадры делятся на две части: в положительную группу помещаются кадры с хорошей траекторией, а в отрицательную группу – кадры, снятые непосредственно перед столкновением. В процессе обучения беспилотник врезался в окружающие предметы 11 500 раз и собрал одну из самых больших в мире баз по авариям БПЛА. Этот отрицательный опыт содержит информацию обо всех возможных способах столкновения.

Положительный и отрицательный опыт передавались в качестве входных данных в нейронную сеть, которая была обучена предсказывать, приведет ли конкретный положительный опыт из текущей траектории к появлению отрицательного опыта из выборки со столкновениями.

В данной работе были рассмотрены методы локализации БПЛА внутри помещений при помощи 3D-модели помещения, локализация при помощи нейросети, а также обучение с учителем в симуляторе. Минусы первых двух методов заключаются в недостатках визуальной локализации и сложности обработки визу-

альной информации, а также они имеют высокую вычислительную сложность. Самым перспективным является метод локализации при помощи нейросети, так как он автономный и имеет низкую вычислительную сложность.

Библиографический список

1. Буйвал А. К. Второй всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта». Брянск, 2015. № 1. С. 10–17. URL: <http://www.raai.org/library/books/BTS-II-2015/AI-UV-book-2015.pdf#page=10>.

2. Reinforcement Learning with Autonomous Small Unmanned Aerial Vehicles in Cluttered Environments. 2015. URL: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160006499.pdf>.

3. Learning to Fly by Crashing. 2017. URL: <https://arxiv.org/pdf/1704.05588.pdf>.

УДК 635-155

И. В. Дурмашев, И. Ю. Воробьев

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЗАХВАТА ОБЪЕКТОВ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СБОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****Введение**

Автоматизация производства является перспективным направлением в сфере современного сельского хозяйства. Исследования в области проектирования, строительства и применения роботов для сельскохозяйственного производства являются важными составляющими, которые позволяют выращивать качественную сельскохозяйственную продукцию. Помидоры – важный продукт с высокой экономической ценностью; они повсеместно выращиваются фермерами на Тайване, общая площадь, занятая помидорами, составляет 4 762 га. Тем не менее тепличные помидоры все еще собираются вручную, что является значительным недостатком. Таким образом, разработка автоматических роботов-сборщиков крайне актуальна. Выбор конструкции подходящего захватного устройства является важной задачей данного сельскохозяйственного направления [3].

**Современные захватные устройства
для сбора томатов**

Одной из главных задач при создании робота, способного исключить ручной труд при сборе томатов и автоматизировать данный процесс, является конструирование подходящего захватного устройства.

Основываясь на работах [1, 2], можно выделить два основных критерия, необходимых для решения задачи: 1) захватное устройство (ЗУ) должно быть достаточно гибким, чтобы захватывать объекты различных размеров; 2) пальцы ЗУ должны быть достаточно мягкими, чтобы не раздавить и не смять томат во время операции сбора.

Многосенсорная пневматическая гибкая рука с несколькими пальцами на основе FPA (*Flexible Pneumatic Robotic Actuator*), которая может компенсировать недостаток существующих жестких рук робота, подробно описана в статье [1].

На рис. 1 представлен прототип многосенсорной пневматической гибкой руки.

Эта гибкая рука имеет 5 пальцев и 20 степеней свободы. По размеру она примерно в полтора раза больше человеческой руки. Каждый палец имеет 4 степени свободы и 4 сустава. Далее рассмотрим основные характеристики. Рука имеет набор датчиков силы и положения для обеспечения схем управления. Механические детали и исполнительные механизмы FPA соединения объединены вместе. При непосредственном управлении FPA не требуется никаких дополнительных устройств передачи энергии (таких как кабели, шестерни и искусственные сухожилия), поэтому сила трения имеет достаточно низкий коэффициент и вибрации можно избежать. Поскольку совместный крутящий момент выводится на палец напрямую, то выходное усилие пальца можно легко контролировать. Рука также имеет характеристики типичного гибкого робота, такие как простая структура, хорошая адаптивность и универсальность.



Рис. 1

Далее рассмотрим ЗУ другого типа.

Разработанное в статье [2] захватное устройство (ЗУ) представляет собой четырехпалый захват, имеющий пальцы, пружинную пластину, устройство для всасывания объектов и механизмы изгиба пальцев.

На рис. 2 изображена схема с внешними размерами ЗУ.

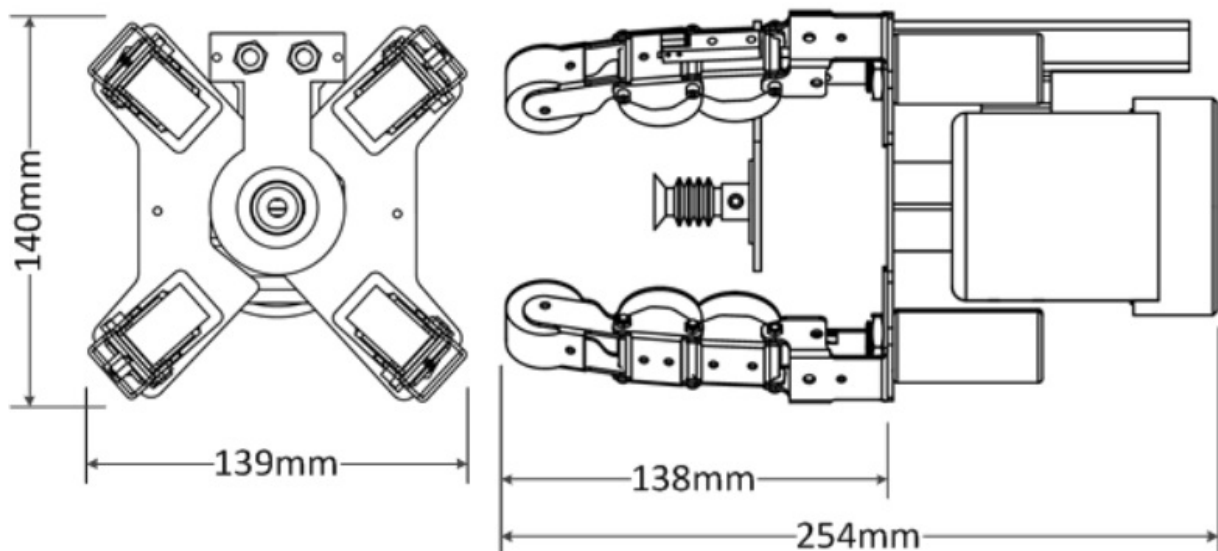


Рис. 2

На рис. 3 изображен прототип захватного устройства.

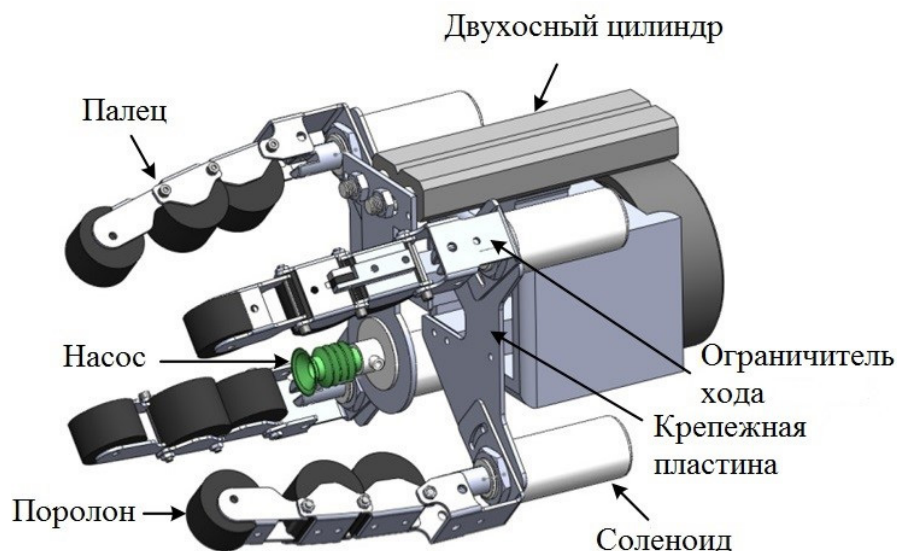


Рис. 3

Каждый палец имеет четыре секции и общую длину 138 мм. Длина четырех секций составляет 36, 32, 37 и 33 мм. Все соединения между секциями являются гибкими и обеспечивают амортизацию при захвате помидоров. Мягкая пена была помещена на каждую секцию пальца, чтобы предотвратить повреждение поверхности плода. Четыре пальца разделены на две пары, установлены на левой и правой крепежных пластинах и управляются с помощью бокового закрытого патрона на кончике роботизированной руки. Поскольку максимальные и минимальные отверстия захватов составляют 90 и 40 мм, диапазон диаметра томатов от 40 до 90 мм подходит для сбора разработанным захватом. Для того чтобы во время сбора поместить помидор в зону схватывания, применяется двухосный пневматический цилиндр, он приводит в действие вакуумное всасывающее сопло, чтобы притянуть плоды с растения в зону захвата. Это уменьшает коллизии между ЗУ и стеблем, предотвращая повреждение. Использование вакуумного всасывания используется для защиты плодов и предотвращения их встряхивания, также оно повышает эффективность удерживания, позволяя овощам оставаться в захвате с большей стабильностью.

Устройство для всасывания овощей включает воздушный компрессор, пятиходовый двухпозиционный электромагнитный клапан, двухнаправленный пневматический цилиндр, вакуумный генератор и всасывающее сопло. Вакуумная всасывающая насадка установлена на круглой платформе, которая соединена с двухосевым пневматическим цилиндром. Благодаря действию двухосевого пневматического цилиндра всасывающее сопло направляется вперед и назад, вытягивая плоды с веток для последующего захвата, тем самым уменьшая вероятность повреждения растения.

Заключение

Автоматизация сельского хозяйства – сложный процесс, включающий в себя различные задачи, для реализации которых необходимо большое многообразие различных робототехнических систем. В данной работе были детально проанализированы устройства для схвата, предназначенные для сбора томатов, были рассмотрены их конструкция и принцип работы. При сборе спелых томатов важно не помять и не раздавить их, поэтому захват должен иметь мягкие пальцы, например обитые поролоном или гибкие, как у захвата, рассмотренного в работе [1]. Робот должен быть оснащен датчиками и хорошо продуманной схемой управле-

ния, он должен контролировать силу сжатия, чтобы не раздавить и не выронить схватываемый объект. Для увеличения точности схватывания и силы удержания объекта в работе [2] используется вакуумный насос, что, по мнению авторов, является наиболее эффективным способом решения поставленных задач, но более затратным на этапе производства.

Библиографический список

1. Guanjun Bao, Zhiheng Wang, Qinghua Yang, Fang xu. Flexible pneumatic robotic actuator FPA and its applications. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO). 2013.
2. Chiu Y. C., Yang P. Y., Chen S. Development of the End-Effector of a Picking Robot for Greenhouse-Grown Tomatoes. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2013. Pp. 1001–1009.
3. Юревич Е. И. Основы робототехники. СПб.: БХВ Петербург, 2018. 304 с.

УДК 658.5

В. В. Емельянов

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ПЛАНИРОВАНИЕ КАК КЛЮЧЕВОЙ ПРОЦЕСС В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время организация эффективного планирования является одной из самых актуальных проблем для большинства российских предприятий, включая предприятия электроэнергетики. Это вызвано тем, что сегодня руководители делятся на две группы: первая использует планирование и считает, что благодаря грамотно разработанному и составленному плану руководитель имеет возможность эффективно управлять деятельностью предприятия; вторая группа считает, что в условиях непредсказуемого рынка планирование стало невозможным и ненужным.

Изучив различные источники, определим структуру планирования и то, каким элементом в общей цепочке управления оно является.

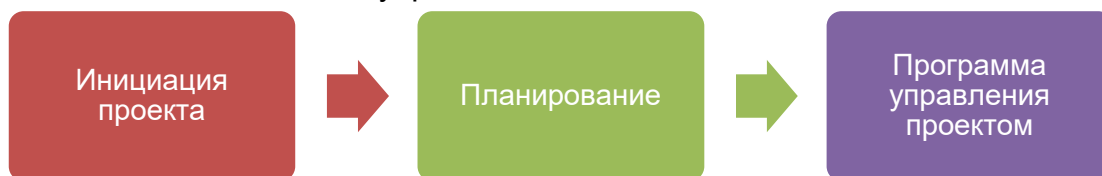


Рис. 1. Последовательность разработки проектной деятельности

При запуске нового проекта первым этапом на пути его реализации будет *инициация* – это стадия проекта, на которой обозначаются цели, конкретизируются задачи, формируется команда проекта, определяется руководитель, разрабатывается устав, выявляются участники и заинтересованные лица. На данной стадии еще возможно отказаться от проекта без финансовых потерь. Итогом данного этапа являются выработанные цели, задачи, направления их решения (достижения) и понимание того, насколько экономически целесообразна реализация проекта.

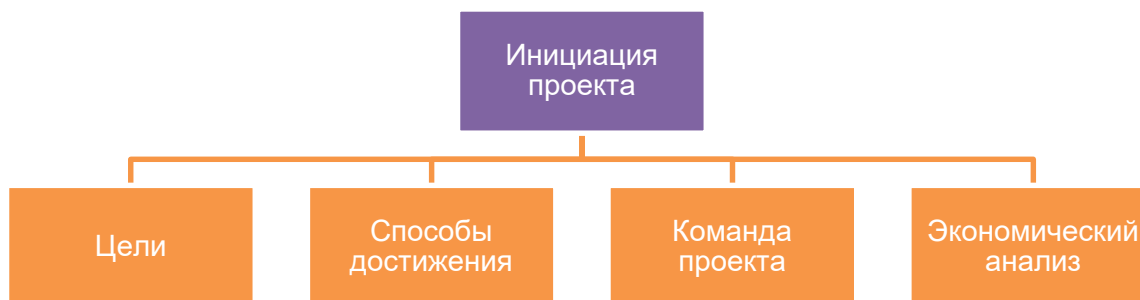


Рис. 2. Элементный состав инициации проекта

Планирование (следующий этап на пути к реализации проекта) основывается на результатах инициации проекта: уставе проекта, списке участников проекта, стратегии управления участниками проекта.

Итогами планирования должны стать:

1. Набор планов управления проектом (базовый, рабочий, альтернативный).

2. Программы краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного планирования.

3. Объем финансирования.

В результате планирования вырабатывается программа управления проектом, который является очередностью основных активностей, он может дополняться или видоизменяться в ходе реализации проекта. Программа управления является одним из основных инструментов мониторинга и контроля, поскольку отражает, как активности по проекту соответствуют установленным в плане для получения определенного результата.

Программа управления, как и инициация проекта, является совокупностью элементов, в данном случае направленных на разработку системы мониторинга и контроля. К основным элементам программы управления относятся следующие виды планов.

Базовый план управления проектом – это официально утвержденный документ для исполнения проекта, включающий в себя описание методов реализации проекта, базовые планы по срокам (календарный план), бюджету (бюджетный план), а также план управления конфигурацией.

Рабочий (текущий) план проекта – это набор документов, описывающий текущие работы по проекту. Рабочий план может дополняться или изменяться с учетом появления дополнительной информации.

Альтернативный план управления проектом – это утвержденный набор программ, использование которых направлено на соблюдение временных рамок реализации проекта.

Наглядная зависимость программы управления от планирования изображена на рис. 3.

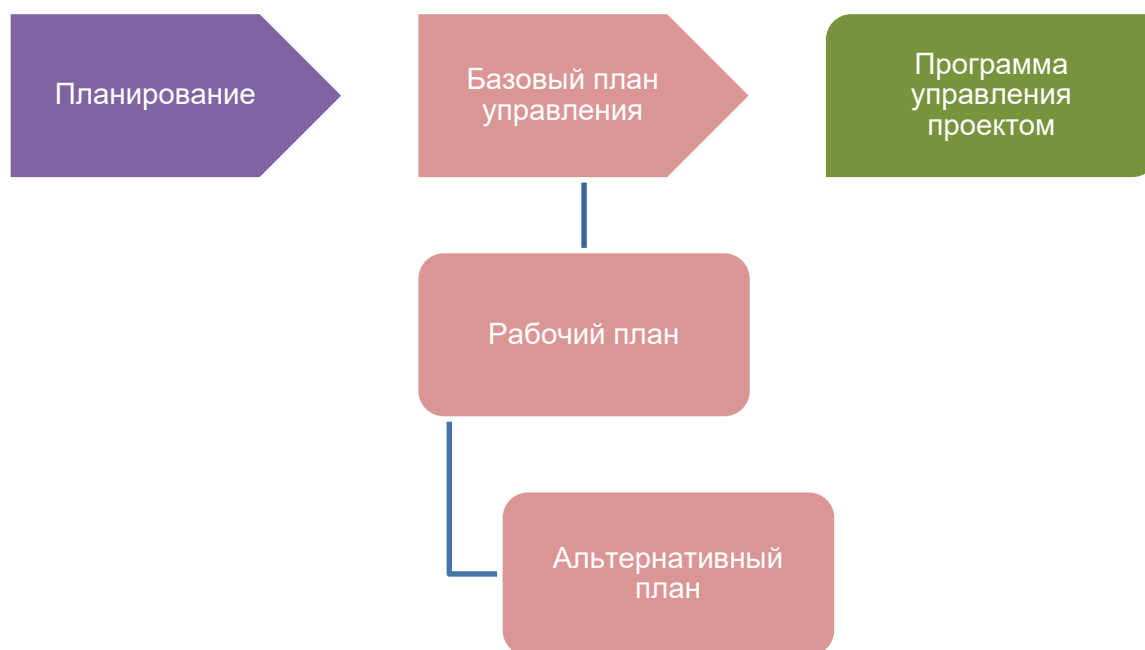


Рис. 3. Схема зависимости программы управления от планирования

Для того чтобы убедиться в необходимости планирования для создания развитой системы управления, были рассмотрены и проанализированы основные показатели ПАО «Ленэнерго» за 2008–2010 годы.

В таблице отображены основные показатели ПАО «Ленэнерго», на основании которых можно сделать выводы об успешном введении программ планирования данной организацией. Начиная с 2000 года компания показывает стабильный

рост своих сетей, увеличение объема клиентской базы, благодаря чему ПАО «Ленэнерго» на данный момент является монополистом среди распределительных компаний на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Основные показатели ПАО «Ленэнерго»

Показатели	2008	2009	2010	2010/2009 прирост, %
Установленная мощность, МВА	19 365,5	19 901,4	20 740,5	2,5
Воздушные линии электропередач (ЛЭП) 0,38–110 кВ по цепям, км	39 084,6	39 285,9	39 418,8	0,3
Кабельные линии 0,38–110 кВ, км	16 730,9	17 650,7	18 622,3	5,5
Подстанции 35–110 кВ, шт. (МВА)	368 (12 818)	370 (13 083,8)	372 (13 465,5)	0,5
Трансформаторные подстанции (ТП) 6–35 кВ, шт. (МВА)	13 646 (6 547,5)	13 909 (6 817,6)	14 361 (7275,0)	3,3
Освоение средств ремонтного фонда, тыс. руб.	704 314	740 946	770 597	4,0

Таким образом, программы планирования помогают находить более эффективные пути реализации проекта, что позволяет создать грамотные программы финансирования, помогающие избежать перерасходов бюджета, а также дающие возможность заложить сэкономленные средства на дальнейшую модернизацию проекта.

Проблемы, возникающие при планировании проектов.

Управление сроками

На данный момент одной из главных проблем при планировании проекта является слабая оценка временных сроков реализации и отсутствие альтернативных путей решения проблем, которые могут возникать в ходе работы. К ним могут относиться неподготовленный персонал, наличие лишь одного поставщика и др.

Формирование проектной команды

Открытые взаимоотношения в проектной команде крайне важны, поскольку способны увеличить эффективность всей команды. Подбор психологически совместимых исполнителей – другая ключевая составляющая. Крайне важно, чтобы менеджер проекта имел свободу действий при выборе участников команды. При подборе команды полезно использовать тесты оценки личности Майерс-Бриггс, чтобы попытаться заранее оценить способность участников команды к взаимодействию друг с другом.

Формирование финансового плана

Главная проблема при планировании проектов – это отсутствие грамотного подхода к финансированию, что может привести как к срывам сроков, так и к огромным перерасходам. Финансовый план является надежным фундаментом, позволяющим быть уверенным в реализации проекта, также он является гарантом экономии средств, которые могут быть вложены в дальнейшее развитие и модернизацию.

Таким образом, планирование является ключевым элементом в управлении проектами, поскольку базируется на идеях, рожденных на этапе инициации, и

позволяет структурировать их по отдельным категориям. Планирование позволяет создать план управления, в который будут входить сроки выполнения работ, программы развития на определенные временные участки, экономические программы. Грамотное планирование – это ключевой этап на пути к успеху.

Библиографический список

1. Егорова Ю. В. Планирование проекта. Базовые понятия. URL: <http://upravlenie-proektami.ru/planirovanie-proekta-bazovye-poniatiya> (дата обращения: 6.02.2018).
2. Годовой отчет 2010 г. Ленэнерго. URL: <http://ar2010.lenenergo.ru/ru/> (дата обращения: 10.02.2018).
3. Горемыкин В. А. Энциклопедия бизнес-планов. Методика разработки. 75 реальных образцов бизнес-планов / В. А. Горемыкин, Н. В. Нестерова. Л., 2005. 794 с.

УДК 004.522

В. Н. Епифанов

студент кафедры управления в технических системах

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Стремительное развитие голосового поиска и систем распознавания речи играет важную роль в создании и усовершенствовании современных поисковых систем и систем управления в технических системах. Управление с помощью голосового распознавания речи постепенно выходит за пределы научных исследований и становится важной частью повседневной жизни. К примеру, в 1952 году была разработана первая система распознавания речи, которая позволяла распознавать произнесенные человеком цифры [1]. Далее подобные системы совершенствовались и становились коммерческими проектами, эти сервисы стали социальными и нашли свое применение среди людей с ограниченными возможностями [2].

Преимуществами голосовых систем является полное или частичное исключение необходимости использования сенсорных и иных методов ввода данных и команд посредством:

- голосового управления,
- голосового поиска,
- голосового ввода текста.

Достаточно успешными примерами использования речи в мобильных устройствах и на ПК являются разработки от компаний:

- *Yandex* (библиотека *Yandex SpeechKit*),
- *Google* (библиотека *Cloud Speech API*),
- *Sun Microsystems* (сервис *Speech Markup API*).

Рассмотрим современные технологии распознавания речи более подробно, начнем с разработанной компанией *Yandex* библиотеки *Yandex SpeechKit*. Она позволяет напрямую обращаться к программному коду, отвечающему за работу с сервером, который успешно применяется в мобильных приложениях *Yandex*. Компания *Yandex* достаточно долго развивала эту систему, и сейчас точность распознавания слов – 94% в навигаторе и мобильных картах, а также 84% – в мобильном браузере [3]. Технология *Yandex* применяется в следующих областях:

1) в логистике (позволяет упростить ведение документооборота, ускорить и облегчить работу персонала путем ввода данных голосом; благодаря вводу голосом можно легко ускорить работу персонала, поскольку будет проще и быстрее производить прием товара, отслеживать его перемещения и проверять наличие на складе);

2) в контактных центрах (позволяет автоматически обрабатывать все поступающие звонки, оказывать услуги, для которых прописан четкий сценарий диалога, а также обзванивать клиентов с сообщением о новых услугах, подтверждением заказа или доставки);

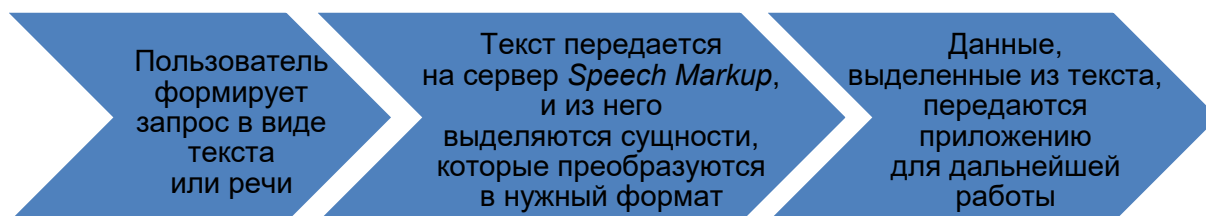
3) в банках (позволяет автоматически обрабатывать все поступающие звонки, оказывать дистанционные банковские услуги по телефону);

4) в аэропортах и транспортных компаниях (позволяет автоматически обрабатывать поступающие звонки и давать справки, консультировать по услугам и клиентским программам, выдавать информацию о билетах, маршрутах и рейсах без участия оператора.

Данная библиотека позволяет калибровать голосовые сервисы и адаптировать их под решение узкоспециальных бизнес-задач, которые были описаны выше. Применяемая технология *SpeechKit* работает в облаке, поэтому ее интеграция не требует дополнительных затрат на инфраструктуру.

Следующая библиотека, которую стоит рассмотреть, называется *Cloud Speech API* от компании *Google*. *API Google Cloud Speech* позволяет разработчикам преобразовывать речевые данные в текстовые, применяя мощные модели нейронных сетей в простой в использовании API. Библиотека распознает более 110 языков. Распознаются аудио, загруженные в поле запроса. Данная технология позволяет успешно обрабатывать голос в шумных средах. Распознавание речи можно настроить в определенном контексте, предоставив набор слов и фраз, которые, вероятно, будут произнесены. Система обрабатывает и отфильтровывает неприемлемый контент в текстовых результатах некоторых языков, работает на любом устройстве, которое может отправлять запрос REST (*Representation State Transfer*) или gRPC (*Google Remote Procedure Call*), включая телефоны, планшеты, ПК и устройства, оснащенные IoT (*Internet of Things*) (автомобили, телевизоры, холодильники и т. д.) [4].

Сервис *Speech Markup API* позволяет автоматически извлекать смысловые объекты из текста или речи и преобразовывать их в нужный системе формат для дальнейшей работы с данными. К примеру, допустим, есть сервис по поиску авиабилетов. Пользователь системы может набрать запрос в поисковой строке, в котором в свободной форме указывает направление перелета и желаемую дату. Он при этом не заполняет никаких форм и может в таком случае совершать поиск при помощи голоса. На вход системе поступает обычная строка текста, из которой необходимо извлечь дату и данные о городе отправления и прибытия, учитывая особенности языка и количество всевозможных вариантов указания дат (см. рисунок).



Принцип работы сервиса *Speech Markup API*

Speech Markup выполняет поиск необходимых сущностей и преобразовывает их в нужный формат. Например, дата может быть указана пользователем как «послезавтра», а *Speech Markup* приведет ее к формату дд.мм.гггг в зависимости от текущей даты. Название города будет приведено к формату, в котором сразу будут присутствовать координаты и код страны и т. д. На данный момент сервис умеет распознавать города, даты, время, числа, произнесенные голосом, и напечатанный текст [5].

Технологии распознавания речи считаются одними из наиболее перспективных в мире. Применяемые методы, модели и программный код постоянно совершенствуются, таким образом, улучшается качество систем автоматического распознавания речи.

Библиографический список

1. Кипяткова И. С., Ронжин А. Л., Карпов А. А. Автоматическая обработка разговорной русской речи. СПб., 2013.

2. Карпов А. А. Ассистивные информационные технологии на основе аудио-визуальных речевых интерфейсов. Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 27. С. 114–128.

3. Блог компании *Yandex*. URL: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/198556/> (дата обращения: 05.01.2018).

4. Google Cloud Platform Products. URL: <https://cloud.google.com/speech//> (дата обращения: 08.01.2018).

5. Speech Markup. API для распознавания смысла речи. URL: <http://markup.dusi.mobi/> (дата обращения: 10.01.2018).

УДК 536.24

А. А. Ерашов

студент кафедры управления в технических системах

И. А. Салова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**Н. В. Решетникова** – научный руководитель

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАТОРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вся полупроводниковая техника при своих преимуществах (масштабные показатели, КПД и прочее) имеет определенные недостатки, связанные с зависимостью их характеристик от температуры, что сказывается на надежности и стабильности функционирования устройств. При работе мощных полупроводниковых приборов, в частности транзисторов, последние нагреваются и могут оказывать негативное влияние на другие элементы схемы.

Любой транзистор имеет допустимую максимальную температуру, при превышении которой произойдет выход его из строя. Температура транзистора будет возрастать, если количество тепла, которое выделяется в нем, будет больше рассеиваемого. Чтобы подобного не происходило, следует повысить теплоотдачу транзистора за счет радиатора, который позволит искусственно увеличить поверхность теплообмена. Таким образом, проектирование радиаторов представляет одну из актуальных задач применения устройств, основанных на полупроводниковой технике.

В данной статье был предварительно произведен аналитический расчет радиатора для плеча оконечного каскада усилителя мощности (рис. 1), а затем непосредственный тепловой расчет радиатора при нормальных условиях.

Предварительно примем следующие исходные данные:

- максимальное значение напряжения на нагрузке $U_{н\max} = 15$ В;
- напряжение источника питания усилителя $U_{ИП} = 20$ В;
- максимально возможный ток в силовой цепи выходного каскада транзистора $I_{к\max} = 3,66$ А;
- максимальное значение мощности, рассеиваемой на коллекторе выходного транзистора $P_{к\max} = 13,5$ Вт.

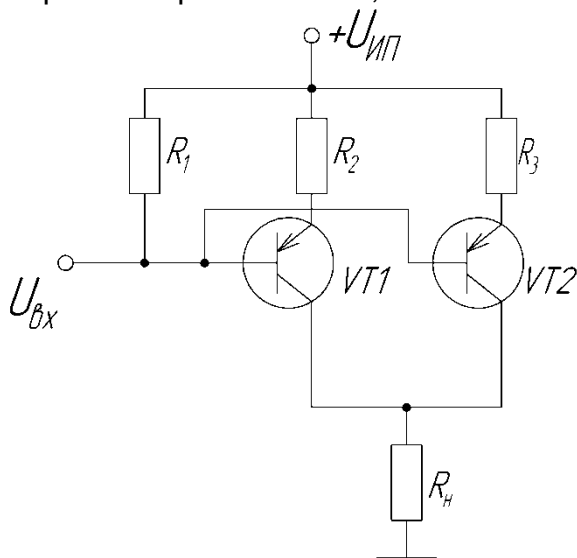


Рис. 1. Схема плеча оконечного каскада усиления

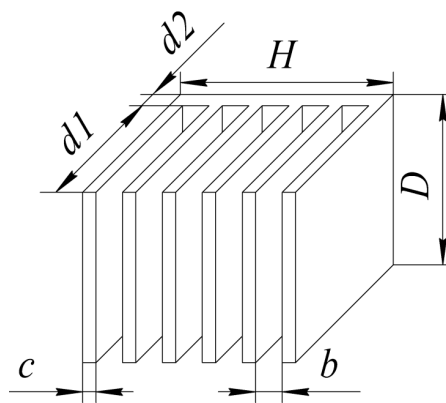


Рис. 2. Конструкция ребристого радиатора

По приведенным выше значениям были выбраны транзисторы серии BD203 (BD204), паспортные данные которых использовались при аналитическом расчете [1].

С помощью методики, изложенной в [2], была определена площадь плоского радиатора при наличии двух транзисторов в одном плече. Последнее позволит распределить ток на параллельно включенных транзисторах, а значит, и рассеиваемую мощность. Таким образом, получившаяся площадь радиатора составила $Q = 102 \text{ см}^2$.

Однако существенные массогабаритные показатели плоского радиатора заставляют отдавать предпочтение теплоотводу с ребристой поверхностью, площадь основания которого равна $Q_{\text{осн}} = 51 \text{ см}^2$.

Воспользовавшись алгоритмом аналитического расчета [2], мы получили следующие данные (рис. 2) для ребристого радиатора под два транзистора, рассеивающих 13,5 Вт:

- длина $H = 7,5 \text{ см}$; ширина $D = 6,8 \text{ см}$ и толщина основания $d_2 = 3 \text{ мм}$;
- эффективный коэффициент теплоотдачи ребристой поверхности радиатора $\alpha_{\text{эф}} = 51,86 \text{ Вт} \cdot \text{град}/\text{м}^2$.

Затем была определена площадь ребристой поверхности радиатора:

$$S_n = \frac{\alpha_{\text{эф}}}{5} H \cdot D = \frac{51,86}{5} 0,075 \cdot 0,068 = 0,053 \text{ м}^2.$$

Приняв $c = 2 \text{ мм}$, $b = 10 \text{ мм}$, определили число ребер n :

$$n = \frac{H + b}{c + b} = \frac{75 + 10}{2 + 10} = 7,083 \approx 7$$

и высоту данных ребер:

$$d_1 = \frac{S_n - D \cdot H}{2 \cdot n \cdot D} = \frac{0,053 - 0,075 \cdot 0,068}{2 \cdot 7 \cdot 0,068} = 0,05 = 50 \text{ мм}.$$

Для сравнения был произведен расчет конструкции радиатора на каждый из двух параллельно включенных транзисторов. В этом случае мощность, которая рассеивается одним транзистором, составляет $P_{\text{к max}} = 6,75 \text{ Вт}$, а площадь основания радиатора $Q_{\text{осн}} = 25,5 \text{ см}^2$. Тогда размеры основания были приняты следующими: $H = 6 \text{ см}$, $D = 4,25 \text{ см}$, а его толщина $d_2 = 3 \text{ мм}$.

Следуя алгоритму выше [2], получили следующее значение эффективного коэффициента теплоотдачи ребристой поверхности радиатора $\alpha_{\text{эф}} = 27,92 \text{ Вт} \cdot \text{град}/\text{м}^2$.

Была уточнена площадь ребристой поверхности радиатора:

$$S_n = \frac{\alpha_{\text{эф}}}{5} H \cdot D = \frac{27,92}{5} 0,06 \cdot 0,0425 = 0,014 \text{ м}^2.$$

Приняв $c = 2 \text{ мм}$, $b = 10 \text{ мм}$, определили число ребер n :

$$n = \frac{H + b}{c + b} = \frac{60 + 10}{2 + 10} = 5,83 \approx 6$$

и высоту данных ребер:

$$d_1 = \frac{S_n - D \cdot H}{2 \cdot n \cdot D} = \frac{0,014 - 0,06 \cdot 0,0425}{2 \cdot 6 \cdot 0,0425} = 0,023 = 23 \text{ мм}.$$

Аналитический расчет не дает распределение температуры внутри объема радиатора. Поэтому целесообразно использовать моделирование на основе метода конечных элементов для получения температуры нагрева радиатора. Метод конечных элементов относится к сеточным методам решения дифференциальных уравнений в частных производных. Существуют программные продукты, основанные на этом методе: ANSYS, COMSOL Multiphysics, ELCUT. Последний программный продукт имеет дружественный интерфейс. Он был выбран для решения поставленной задачи.

В ELCUT трехмерная задача теплопроводности описывается уравнением Пуассона относительно температуры T : $\Delta(\lambda T) = q$, где теплопроводность λ , а также плотность объемного источника тепла q – постоянные величины в пределах каждого из тел модели [3].

Исходными данными для моделирования являются [4]:

- геометрические модели двух конструкций радиаторов, подготовленные в Autodesk Inventor и сохраненные в формате .step;
- теплопроводность алюминия (материала радиатора) – $\lambda = 170$ Вт/(К·м);
- значение теплового потока q , приходящегося на контактное пятно транзистора на радиаторе;
- температура окружающей среды $T_0 = 293$ К (20 °С) при естественной конвекции $\alpha = 8$ Вт/(К·м²).

При моделировании приняты следующие допущения:

- не принимаем во внимание лучеиспускание нагретого радиатора;
- пренебрегаем теплоотдачей с поверхности транзистора, так как она намного меньше общей поверхности радиатора.

На рис. 3 показаны сетки конечных элементов для радиатора с одним (а) и двумя (б) транзисторами. Для радиатора с одним транзистором исследовалось распределение температуры по объему и в среднем сечении радиатора при двух положениях в пространстве [4]. На рис. 4 и 5 показано распределение температуры для радиатора с одним транзистором, закрепленным на плоскости. На закрепленной поверхности отсутствует конвективный поток. Разница в полученных результатах составляет $\approx 1,7$ °С. На рис. 6 показаны результаты моделирования для радиатора с двумя транзисторами.

Также были получены результаты при моделировании радиаторов с укороченными на 25% ребрами (рис. 7). Максимальные температуры у укороченных вариантов радиаторов выше на 9,8 и 7,2 °С.

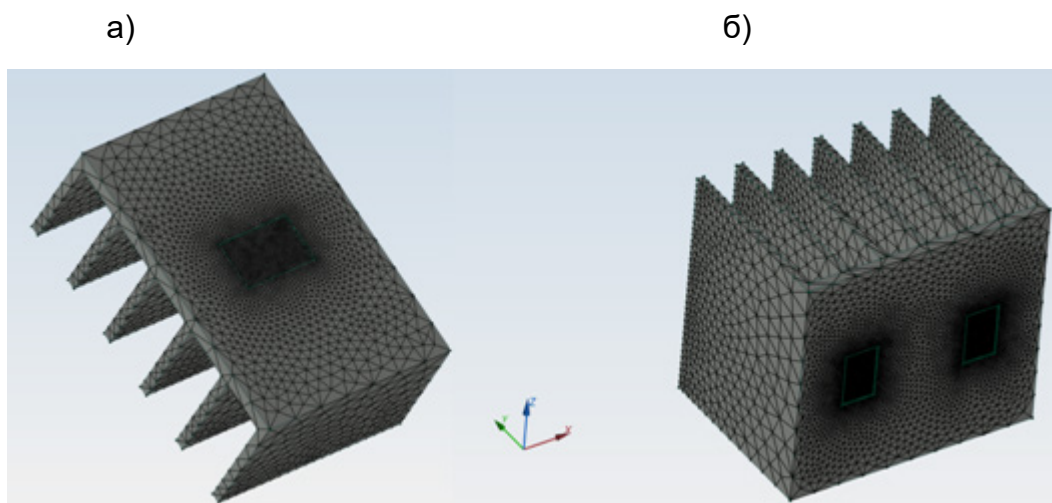


Рис. 3. Сетки конечных элементов для радиаторов

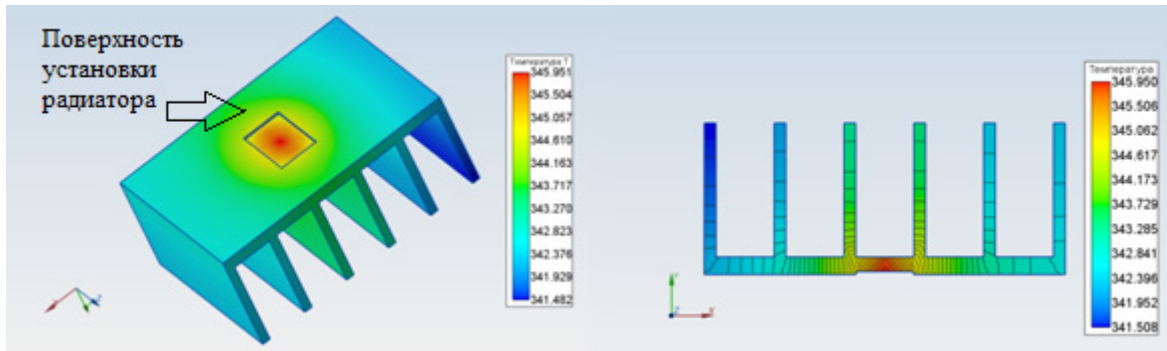


Рис. 4. Распределение температуры для радиатора с одним транзистором (вариант 1)

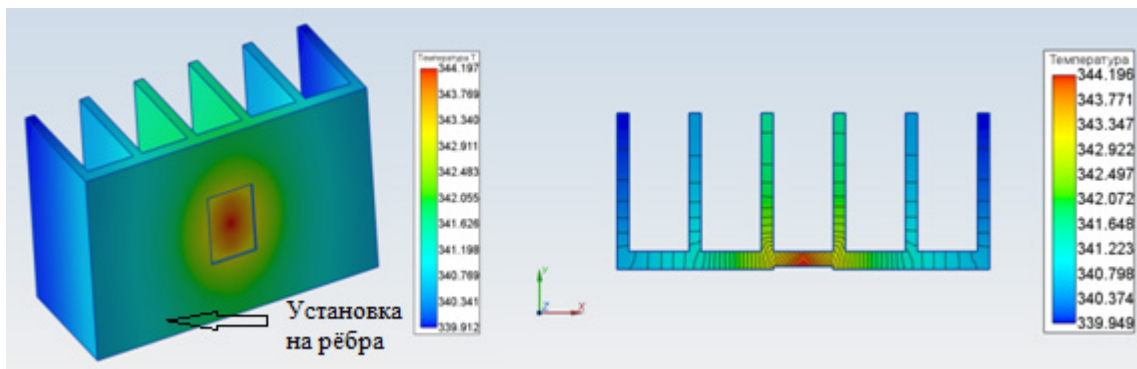


Рис. 5. Распределение температуры для радиатора с одним транзистором (вариант 2)

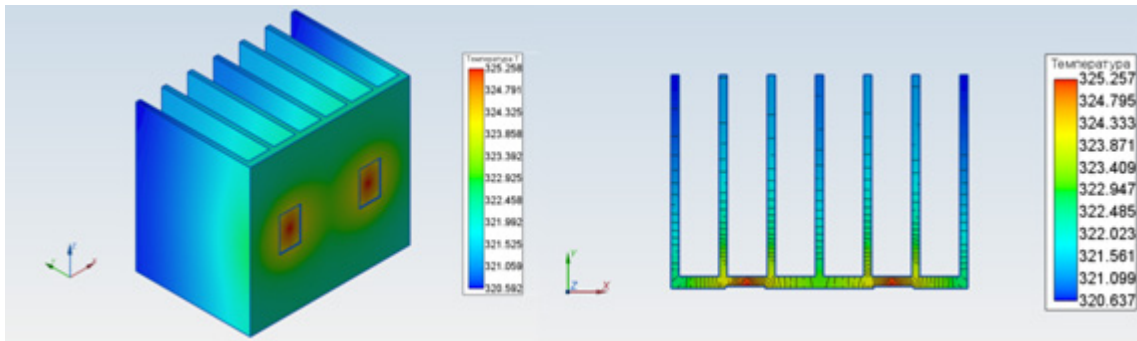


Рис. 6. Распределение температуры для радиатора с двумя транзисторами

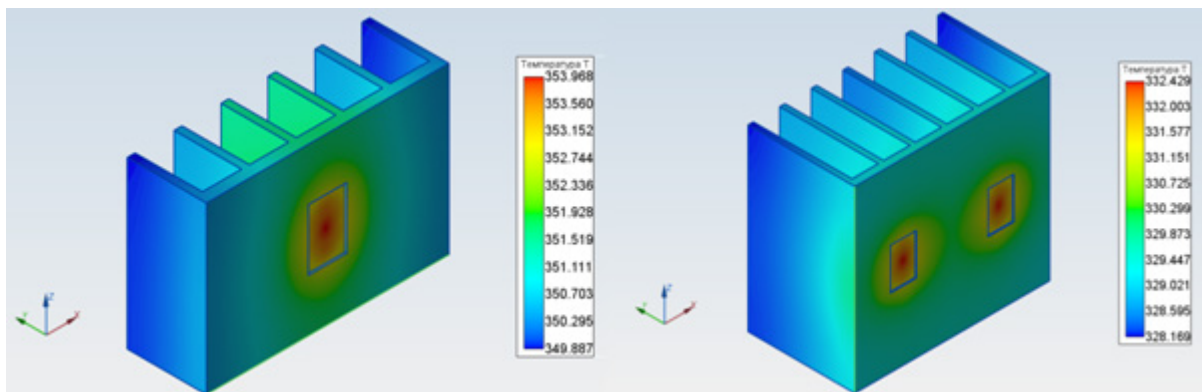


Рис. 7. Распределение температуры для радиаторов с укороченными ребрами

После предварительного аналитического расчета и моделирования в программе ELCUT было получено распределение температуры по объему спроектированных радиаторов. Данная тепловая картина дает достаточное представление о температуре радиатора в различных его точках.

Сравнив данные распределения тепла, определили, что целесообразнее использовать отдельный радиатор для каждого транзистора ввиду малого отклонения в температуре и лучших массогабаритных показателей. Учитывая значительное (9,8 и 7,2 °С) отклонение температур у радиаторов с укороченными на 25% ребрами, предпочтительнее их не применять, поскольку это отклонение вызовет больший перегрев.

Таким образом, моделирование в программе ELCUT позволит проконтролировать результаты аналитического расчета. Также использование данной программы позволит прийти к оптимальному решению в процессе проектирования радиаторов для полупроводниковой техники.

Библиографический список

1. Петухов В. М. Зарубежные транзисторы и их аналоги. Справочник-каталог. В пяти томах. Т. 1. М.: ИП РадиоСофт, 1998. 832 с.: ил.
2. Герман О. Г., Ломов В. С. Примеры расчета электронных устройств систем электрооборудования: учеб. пособие. ЛИАП. Л., 1982. 84 с.
3. ELCUT v.6.3. Комплекс программ для моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач. Руководство пользователя. СПб.: Производственный кооператив TOP, 2018.
4. Официальный сайт ELCUT. Теплопередача. URL: https://elcut.ru/transfer_r.htm.

УДК 621.165.5

Д. А. Заставин

студент кафедры управления в технических системах

М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТПТС-НТ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТУРБИНЫ К-1200-6,8/50**

Программно-технические средства ТПТС-НТ предназначены для создания программно-технических комплексов (ПТК), которые выполняют автоматический контроль и управление технологическим оборудованием в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) атомных электростанций.

Оборудование ТПТС-НТ может применяться для:

- управляющих систем нормальной эксплуатации;
- управляющих систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности;
- управляющих систем безопасности.

Если раньше на паровых турбинах электронная часть системы регулирования (ЭЧСР) была разработана применительно к традиционной гидравлической части системы регулирования турбины (ГЧСР), а электрогидравлическое управление предназначалось только для противоаварийного управления, то для строящихся блоков была разработана и внедрена современная электрогидравлическая система со всережимным воздействием на регулирующие клапаны от электронной системы регулирования через электрогидравлические преобразователи-сумматоры (ЭГП-С). В быстродействующем контуре управления (БКУ) ЭЧСР реализованы функции:

- измерения и преобразования частоты вращения и ее производной;
- регулятора частоты вращения;
- позиционеров регулирующих клапанов;
- аварийной импульсной разгрузки и быстродействующего длительного ограничения мощности турбины для обеспечения соответственно динамической и статической устойчивости генератора;
- предварительной защиты;
- релейной форсировки и дифференциатора.

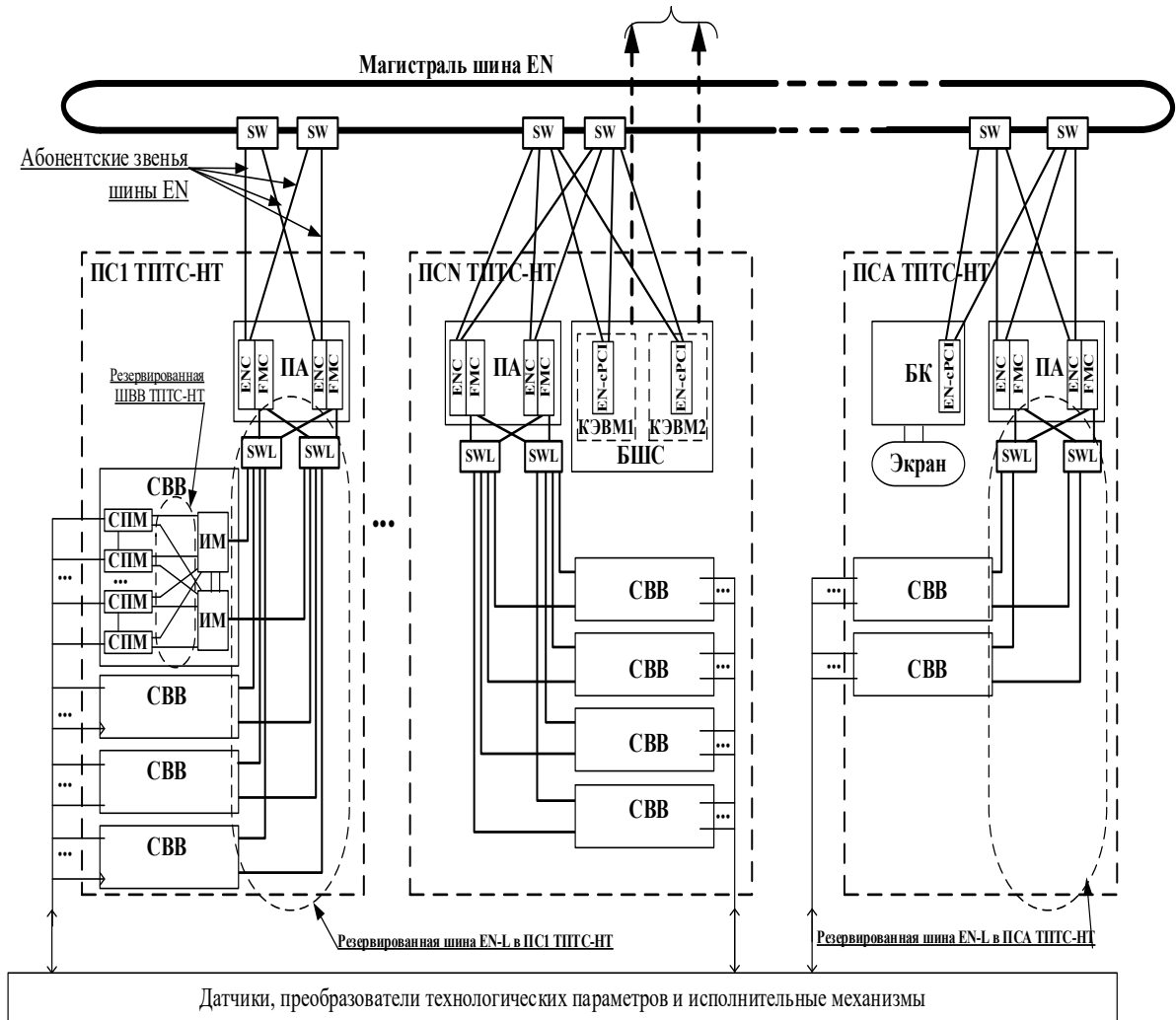
В БКУ также реализован быстродействующий регулятор минимального давления пара перед турбиной.

В медленнодействующем контуре управления (МКУ) ЭЧСР реализуются алгоритмы, обеспечивающие управление турбиной в следующих режимах работы:

- разворот ротора турбины до номинальной частоты вращения;
- набор начальной нагрузки;
- управление мощностью в пределах регулировочного диапазона с учетом допустимой скорости ее изменения;
- регулирование давления пара перед турбиной;
- плановый останов турбины [1].

Структура коммуникационной системы ТПТС-НТ представлена на рисунке.

На рисунке приняты следующие обозначения: СВВ – станция ввода-вывода; ПА – процессор автоматизации; ПС – приборная стойка; ПСА – стойка приборная автономная; БК – блок контроллера; БШС – блок шлюза сопряжения; СПМ – модуль связи с процессом.



ENC – центральный модуль связи ТПТС55.1211;
 FMC – модуль центральный функциональный ТПТС55.1211;
 SW – коммутатор шины EN;
 SWL – коммутатор шины EN-L;

EN-cPCI – модуль ТПТС52.1227;
 БШС – блок шлюза сопряжения ТПТС52.4501-01;
 БК – блок контроллера ТПТС52.4502;

— абонентское звено шины (промышленная экранированная витая пара);
 — магистраль шины EN (волоконно-оптический кабель);
 – выход на шину CBВУ «Ethernet».

Структура коммуникационной системы ТПТС-НТ

Комплекс средств автоматизации ТПТС-НТ предназначен для выполнения функций нормальной эксплуатации, в том числе функций нормальной эксплуатации, важных для безопасности, таких как:

- стандартные алгоритмы приема и выдачи сигналов;
- управление исполнительными механизмами и автоматическое регулирование;
- реализация проектных алгоритмов (защит и блокировок, ФГУ, обработки сигналов).

Ключевые характеристики и особенности ТПТС-НТ:

- время реакции системы 100 ... 200 мс (типовое значение);
- передача по шине до 1 млн аналоговых и 10 млн дискретных параметров;
- территориальное распределение аппаратуры по объекту автоматизации;
- организация управления по месту;
- подсоединение любых полевых кабелей сечением от 0,1 до 2,5 мм²;
- возможность резервирования внутри станции ввода-вывода;
- гибкие схемы компоновки, обеспечивающие масштабирование системы;
- малый цикл измерения унифицированных аналоговых сигналов – до 15 мс;

– временное разрешение последовательности входных дискретных сигналов – 1 мс [2].

Библиографический список

1. Андрушечко С. А., Афров А. М., Васильев Б. Ю., Генералов В. Н. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта. М.: Логос, 2010. 604 с.

2. Зорин М. В. Атомные электростанции: учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. 672 с.

УДК 620.9

А. С. Иванов

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТРЕКЕРА

Ни для кого не секрет, что в последние годы в России был сделан большой шаг вперед в сфере возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Совсем недавно, кроме большой гидроэнергетики, не было компетенций в данной сфере. В январе 2018 года на министерском круглом столе «Инновации для трансформации энергетики» выступил первый заместитель Министра энергетики РФ Алексей Текслер, который констатировал, что «главным итогом 2017 года является то, что возобновляемая энергетика в России состоялась как отрасль». В 2017 году было возведено больше мощностей ВИЭ, чем за предыдущие два года. За 2017 год были введены 140 МВт ВИЭ, из которых более 100 МВт – это солнечные электростанции.

Среди всех ВИЭ по масштабам ресурсов, распространенности и экологической чистоте солнечная энергетика является наиболее перспективной. Тем не менее солнечные батареи имеют на сегодняшний момент два основных недостатка: высокая стоимость и малая эффективность. Частично компенсировать эти недостатки возможно солнечным трекером, который позволяет увеличить мощность солнечного потока, падающего на площадь фотоэлементов, тем самым повышая КПД солнечной панели в 1,6 раза.

Как известно, солнечные батареи имеют максимальный КПД в том случае, когда перпендикулярны солнечным лучам, падающим на них.

Солнце же перемещается по небосводу, и панели, которые установлены стационарно, теряют часть своей эффективности. Трекер – это устройство, которое поворачивает фотоэлектрические панели в сторону солнца и осуществляет более длительное и максимальное воздействие солнца на рабочую поверхность панели.

На рис. 1 графически показана продуктивность стационарно установленных панелей в сравнении с массивом того же размера, закрепленным на солнечном трекере.

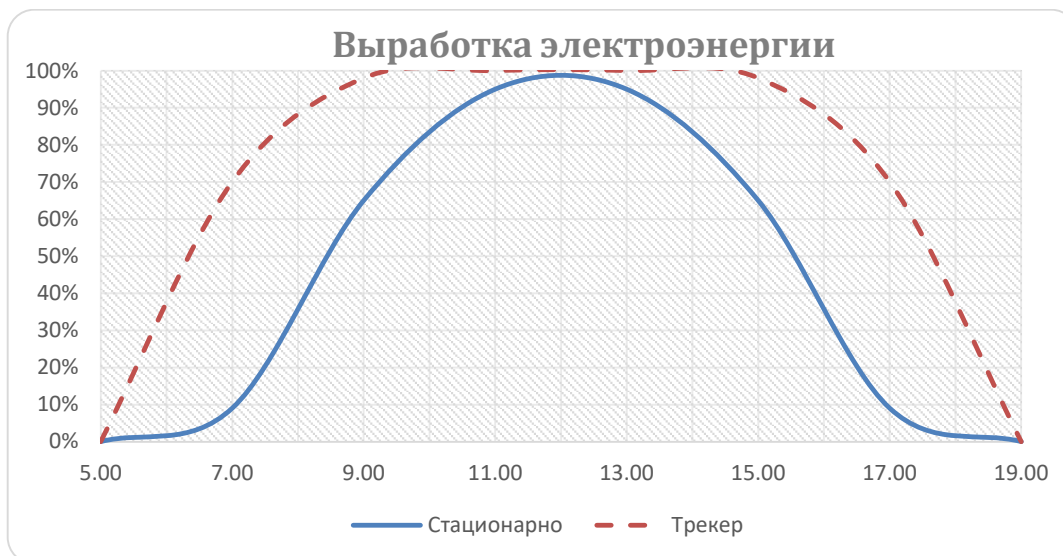


Рис. 1. Суточный график выработки электроэнергии

Устройство слежения за солнцем состоит из двух основных частей:

1) схема управления, определяющая положение солнца. Для определения позиции солнца используются два фоторезистора;

2) механизмы поворота и наклона панелей в зависимости от падения на них солнечных лучей. Механизм наклона позволяет использовать такие системы слежения в любых географических широтах: при установке солнечных батарей в местности, которая соответствует 320° северной широты, ось устройства должна быть повернута на 320° по отношению к горизонту. Приводы всех механизмов системы слежения строятся на базе электродвигателей, на которые и воздействует система управления.

Питание электродвигателей и системы управления осуществляется от самих солнечных батарей, поэтому такие установки автономны.

Трекеры для солнечных батарей имеют разные конфигурации, приводные механизмы и алгоритмы работы. Тем не менее они делятся на два типа: одноосевые и двухосевые. Одноосевые трекеры имеют одну координату вращения: горизонтальную, вертикальную либо полярную. Двухкоординатные имеют две оси вращения, которые, как правило, не связаны друг с другом, но работают вместе.

Новый отчет, опубликованный недавно компанией *GTM Research*, показывает, что количество солнечных фотоэлектрических трекеров, поставленных в 2017 году, увеличилось на 32% по сравнению с предыдущим годом. Поставки солнечных трекеров по всему миру возглавила компания из Латинской Америки *NEXTracker*.



Рис. 2. Крупнейшие компании, поставляющие трекеры

Также, по словам старшего аналитика *GTM Research*, в 2018 году рост продаж систем слежения за солнцем ожидается еще на 30%. А это говорит о том, что трекеры являются очевидным выбором на большинстве развивающихся рынков солнечной энергетики.

Таким образом, за счет установки трекера КПД солнечных панелей значительно увеличивается, также повышается количество вырабатываемой электроэнергии.

В связи с увеличением производительности отдельно взятой панели, отпадает необходимость в установке дополнительных панелей, что в свою очередь снижает стоимость всего комплекта солнечной электростанции.

Библиографический список

1. Информационный ресурс о применении солнечной энергии и энергосбережении. URL: <http://solarsoul.net/treker-dlya-fotoelektricheskix-ustanovok> (дата обращения: 23.02.2018).

2. Отраслевое электронное СМИ. URL: https://www.ruscable.ru/news/2018/01/17/Aleksej_Teksler_Vozobnovlyaemaya_energetika_v_Ross/ (дата обращения: 22.02.2018).

3. Ресурс об экологических технологиях. URL: <https://cleantechnica.com/2018/02/23/global-solar-tracker-shipments-increase-32-2017-gtm-research/> (дата обращения: 23.02.2018).

УДК 519.711

Д. Р. Иванов

студент кафедры электромеханики и робототехники

М. А. Волохов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ГРУППОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ

Проблема группового управления сейчас наиболее актуальна в робототехнике. Роботы, находящиеся в группе, должны работать в ранее неизвестной им среде, в этом случае для достижения цели каждый робот должен выполнять заранее определенную для него последовательность действий. В динамической среде эта последовательность должна быть найдена системой управления группой в процессе достижения цели. Причем действия всех роботов должны быть скоординированы. Возникает задача поиска и реализации таких действий группы или отдельного робота, которые приводили бы к наилучшему достижению цели. Имеется два подхода:

- решение задачи центральным устройством управления – централизованный подход;
- решение устройством управления распределенным по роботам группы – децентрализованный подход.

Следующей задачей является координация движения роботов в пространстве, предотвращение столкновения роботов с препятствиями и друг с другом. Наиболее сложная задача – управление группой роботов в неорганизованной среде (поверхность планет, воздух, вода, космос).

Для организации систем управления группами роботов целесообразно использовать некоторые общие стратегии, применяемые для управления во всех технических, социальных и природных группах.

- Централизованное управление

Единоначальное управление (наличие в группе командира или центрального устройства управления, на которые возлагаются задачи планирования и управления группой). Преимуществом единоначального управления является простота его организации и алгоритмизации. Недостаток – длительное время принятия решения из-за решения задачи оптимизации для всех членов группы для достижения групповой цели, а также низкая живучесть.

Иерархическое управление в сравнении с единоначальным управлением существенно снижает сложность задачи, решаемой отдельным командиром или центральным устройством управления, но усложнение структуры управления может приводить к сильным задержкам или сбоям в передаче команд от верхнего уровня к нижнему.

- Децентрализованное управление

Коллективное управление (все единицы равноценны, и каждый член группы самостоятельно принимает решение, пытаясь внести максимально возможный вклад в достижение групповой цели, при этом члены группы обмениваются информацией о выбранных действиях друг с другом). Каждый элемент решает задачу оптимизации только для себя, а не пытается оптимизировать действия всей группы, поэтому задача существенно упрощается и решение может осуществляться быстро, в реальном времени. Но это сильно усложняет алгоритмизацию и требует от участников группы высокого интеллектуального уровня, так как они должны четко понимать групповую задачу и уметь выбирать такие действия, которые приводят к наилучшему решению с точки зрения всей группы.

– Стайное управление (в системе нет командира или центрального управления, все единицы равноценны, и каждый самостоятельно принимает решение, пытаясь внести максимальный вклад в достижение цели, при этом обмена информации между членами группы нет, и каждый объект подстраивает свои действия на основании косвенной информации). Отрицательная сторона стайного управления в том, что выигрыш во времени достигается за счет ухудшения качества решения. Соответственно, наивысшее качество решения достигается при использовании единоначального управления.

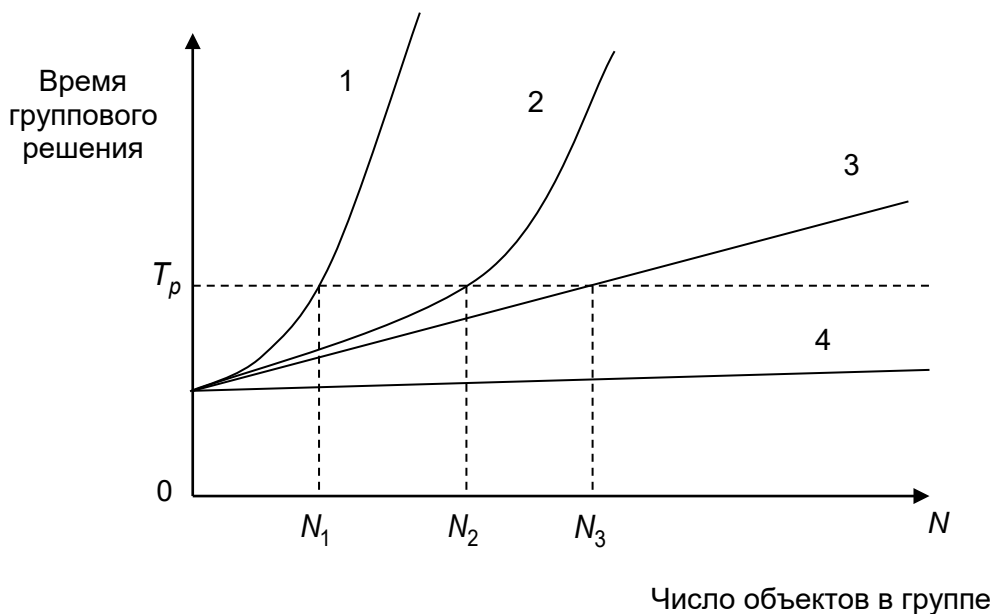


Рис. 1. Время группового решения при использовании различных стратегий:
 1 – стратегия единоначального управления; 2 – стратегия иерархического управления; 3 – стратегия коллективного управления; 4 – стратегия стайного управления

Рассмотрим примеры использования систем управления в различных средах.

Проект MARTHA

Проект выполнялся во Франции. Он служит примером в области исследования группового управления роботами. Целью проекта была разработка методов организации группового взаимодействия от десяти до ста роботов, предназначенных для транспортировки грузов на складах с использованием централизованного управления.

Система управления группой роботов состоит из двух основных частей: центральной станции (ЦС) и бортовых вычислителей (БВ) с контроллером связи (КС). Центральная станция устанавливается стационарно в командном центре и решает задачу планирования действий всей группы роботов. Кроме того, ЦС обеспечивает связь человека-оператора с каждым роботом группы в случае непредвиденных ситуаций, а также используется для постановки целевой задачи. На борту каждого робота устанавливается БВ, который предназначен для решения задачи маршрутизации его движения к указанной цели. Контроллер связи служит для обеспечения связи робота с ЦС и с другими роботами группы.

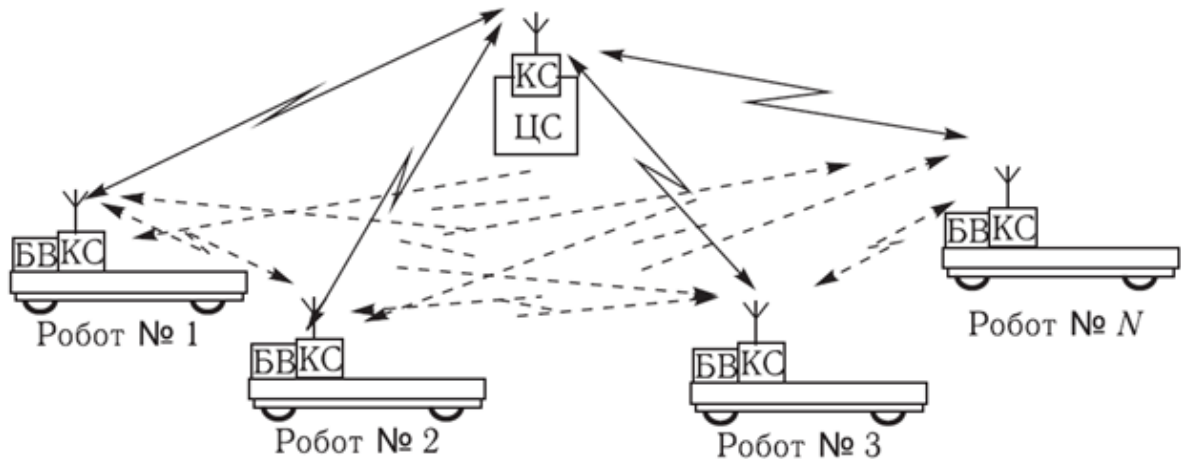


Рис. 2. Структура системы управления MARTHA: ЦС – центральная станция; КС – контроллер связи; БВ – бортовой вычислитель

Проект AMADEUS

Создавался японскими разработчиками, является примером децентрализованного управления группой роботов, при котором планирование действий роботом группы осуществляется несколькими устройствами. В проекте роботы обеспечивали подвоз и вывоз изделий для конвейерных линий. Используются два типа роботов: транспортный робот (ТР), выполняющий непосредственную перевозку изделий, и стационарный погрузочный робот (СПР), расположенный в непосредственной близости от конвейерной линии и выполняющий разгрузочно-погрузочные работы с ТР на конвейер и наоборот. Имеется множество ТР и СПР. Транспортные роботы перемещаются от одного СПР к другому по заданному маршруту. Движение осуществляется по одной направляющей линии в оба направления, однако в случае возникновения препятствия (в виде человека, другого ТР или иного объекта) ТР должен сойти с линии и обойти его. Когда возникает необходимость в подвозе или вывозе изделий с некоторой конвейерной линии, соответствующий СПР выдает запрос по каналам связи на все ТР. Свободные ТР отправляют в ответ свой идентификационный номер и текущие координаты. Свободный ТР определяется ближайшим СПР, который и передает этому ТР свое задание. Погрузочные роботы действуют независимо друг от друга в выборе того или иного ТР.

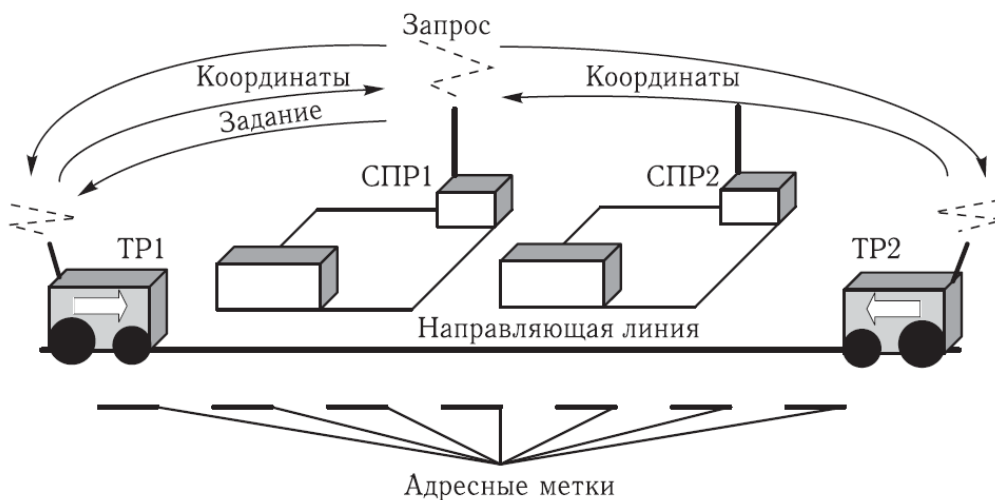


Рис. 3. Архитектура проекта AMADEUS

В отличие от проекта MARTHA в проекте AMADEUS действия TP планируют несколько СПР, каждый из которых выбирает из множества TP нужный ему и формирует для него необходимое задание на выполнение некоторого действия.

В обоих проектах роботы предназначались для использования в стационарных средах, что позволяет заранее найти оптимальные варианты действий роботов и в процессе функционирования действовать в зависимости от сложившейся ситуации.

При разработке оптимального метода управления руководствуются критерием эффективности. Существует два вида критерия: первого рода – степень достижения цели системы; второго рода – оценка эффективности в некотором заданном пути достижения цели.

В общем случае эффективность, рассматриваемая как время выполнения задачи, изменяется следующим образом: при небольшом количестве элементов группы время выполнения задачи уменьшается с ростом их числа. Далее оно слабо колеблется у некоторой постоянной величины, а затем увеличивается (роботы начинают мешать друг другу).

Библиографический список

1. Каляев И. А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов // И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, А. Г. Капустян. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 280 с.
2. Карпенко А. П. Робототехника и системы автоматизированного проектирования / А. П. Карпенко. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 73 с.
3. Щербатов И. А. Управление группой роботов: компонентный подход / И. А. Щербатов, И. О. Проталинский, О. М. Проталинский // Информатика и системы управления. 2015. № 1(43).

УДК 620.9

Р. Ю. Иванов

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В процессе развития электроэнергетических систем все острее встают вопросы управления электроэнергетическим режимом и обеспечения бесперебойного энергоснабжения потребителей. Производство и потребление различных видов энергии в мире растет быстрыми темпами, определяя прогресс во всех областях жизнедеятельности человека. Также усложняются процессы преобразования энергии, расширяется многообразие установок и агрегатов энергопотребления. Помимо роста количественных показателей энергообеспеченности промышленности, транспорта, быта и т. п. все большую роль начинают играть показатели качества использования энергии, что связано с рациональным использованием энергии на различных стадиях ее преобразования. Важное место в решении возникающих при этом проблем отводится накопителям энергии, являющихся важным промежуточным звеном между системами генерирования и системами распределения и потребления энергии.

На текущий момент российский рынок накопителей энергии представлен лишь немногочисленными проектами, преимущественно в сфере обеспечения бесперебойного питания, при этом накопительные системы имеют огромный потенциал.

В России сложился ряд условий, способствующий широкому применению технологий накопления и более эффективного использования электроэнергии, в частности:

- энергетическая система России характеризуется неравномерностью производства/потребления электроэнергии, имеются ярко выраженные пики потребления и нагрузки;

- населенные пункты и отдельные потребители значительно удалены от источников генерации. Строительство дополнительных высоковольтных линий до них нерентабельно или сопряжена со значительным объемом инвестиций со стороны сетевых компаний;

- качество электроэнергии не всегда соответствует установленным стандартам.

Федеральным законом об электроэнергетике устанавливается, что одна из главных функций электроэнергетической системы – надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей, что обязывает поставщиков электроэнергии обеспечивать данные условия.

Применение накопительных систем в различных сферах позволит решить ряд обозначенных проблем. На данный момент накопители энергии способны найти применение в следующих областях (табл. 1) [4].

По данным табл. 1 можно сделать вывод, что использование накопителей энергии целесообразно для многих участников рынка электроэнергетики. Внедрение позволит оптимизировать режимы работы электроэнергетической системы, снизить расход топлива, значительно повысить энергоэффективность процессов производства и передачи электроэнергии, и в конечном счете повысить экономическую эффективность управления энергосистемой [5].

Применение накопителей электроэнергии в различных сферах

Сфера деятельности	Функция накопителя энергии
Распределение электроэнергии	Регулировка частоты в сетях Сглаживание пиков потребления Снижение потерь Снижение инвестиций в постройку ЛЭП Повышение надежности электроснабжения особо значимых объектов
Генерация электроэнергии	Сглаживание пиков потребления Обеспечение стабильности энергоснабжения для собственных нужд Экономия топлива
Возобновляемые источники энергии	Снижение колебаний мощности Обеспечение бесперебойного энергоснабжения потребителей Обеспечение качества электроэнергии
Крупные потребители электроэнергии	Обеспечение бесперебойности энергоснабжения Возможность запасать электроэнергию по ночному тарифу
Нефтегазовая промышленность	Снятие перегрузок распределительной сети при прохождении максимумов нагрузки Использование накопителя в качестве бесперебойного источника питания
Транспорт	Уменьшение мощности понижающих и преобразовательных трансформаторов тяговых подстанций Обеспечение условий для рекуперации энергии Увеличение срока службы проводов контактной сети и вентилях полупроводниковых агрегатов Улучшение качества напряжения на токоприемниках электроподвижного состава

На данный момент существует и разрабатывается большое количество различных типов накопителей, но основные делятся на следующие группы:

1) топливные накопители. Реализованы в виде складов твердого топлива, газохранилищ или хранилищ жидкого топлива;

2) гравитационные накопители. Используют потенциальную энергию тела. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) – относятся к механическим (потенциальным) накопителям энергии;

3) кинетические накопители. Эту группу в основном представляют колебательные механизмы, в которых процесс аккумуляции реализуется через возвратно-поступательные, вращательные или линейные движения того же груза;

4) воздушные накопители. Могут использоваться в сочетании с газотурбинными установками, для работы которых нужен сжатый воздух, получаемый с помощью компрессоров большой мощности;

5) тепловые накопители. Чаще используют металлические накопители тепловой энергии или масляные. Современные конвекторы и радиаторы преимущественно изготавливаются из стали и алюминия;

6) к электроэнергетическим накопителям относятся емкостные и сверхпроводящие индуктивные накопители электроэнергии;

7) электрохимические накопители. Используют эффект преобразования энергии химической реакции в электрическую в гальванических элементах.

Наиболее распространенными системами накопления электроэнергии на текущий момент являются гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) [2].

Однако возможности по применению ГАЭС ограничены географическими аспектами: необходимы бассейны большой емкости, разнесенные по высоте на 50–100 м, что нечасто встречается. В настоящий момент на мировом рынке электроэнергии установленная мощность накопителей энергии составляет около 122 ГВт, из них на ГАЭС приходится почти 99% [6]. Но наибольшее развитие на текущий момент получают электрохимические накопители ввиду простоты внедрения, малых размеров и универсальности использования [3]. Применяются они как в электронных устройствах, так и при создании электромобилей. С учетом роста этих рынков данные аккумуляторы становятся все более популярными.

На данный момент наиболее распространены следующие типы накопительных элементов (табл. 2).

Таблица 2

Стоимостные и технические характеристики батарей разных типов

	Flow Batteries	Lead Acid	NaS	Li-Ion	Ni-Cd	Metal-Air	Capacitor
Стоимость, \$/кВт·ч	140–1800	200–1100	230–950	275–2000	650–2300	25–50	100–250
Плотность, Вт·ч/кг	20–30	30–60	100–160	120–200	45–80	130–600	3–10
Срок службы в циклах	1600–2800	160–1200	1700–3000	2900–5500	1200–2800	100–200	10 000–100 000
КПД, %	73	75	81	96	80	50	95
Саморазряд, % в мес.		5	0	5	20		300

Несмотря на относительно высокую стоимость, литий-ионные аккумуляторы имеют наибольший КПД и срок службы, именно поэтому данные аккумуляторы нашли широкое применение как в малых электронных устройствах, так и в объектах энергетики. Ни одна из приведенных технологий не является универсальной, как правило, подбирается индивидуально под конкретные нужды.

В последнее время ведется множество разработок в области электрохимических накопителей. К примеру, благодаря усовершенствованиям стоимость производства литий-ионных батарей снижается: по данным Международного энергетического агентства, в 2008 году 1 кВт/ч стоил \$1 тыс., в 2015 году – \$275, к 2022 цена должна опуститься до \$100 (рис. 1) [1].

При этом удельная мощность (плотность энергии) растет: в 2008 году она составляла чуть более 100 Вт/ч на 1 кг объема, сегодня – порядка 200 Вт/ч/кг, в 2022 году достигнет 400 Вт/ч/кг. Подобные темпы развития позволяют рынку электрохимических накопителей стремительно расти, что способствует увеличению их доли от общего числа накопительных систем.

По данным диаграммы видно, что в ближайшие годы основной сферой применения литий-ионных батарей будет автомобилестроение, но также планируется рост данной технологии в энергетике. Согласно опросу участников саммита *Energy Storage Summit 2017* в отрасли ожидают, что до 60% электростанций обзаведутся системами долгосрочного хранения энергии уже к 2022 году. В 2016–2030 годах мировой рынок хранения энергии вырастет в 12 раз, до 305 гВт/ч сум-

марного объема хранилищ, прогнозирует BNEF. На текущий момент по оценке US Energy Storage Monitor, 94,2% используемых для хранения энергии в США батарей имеют литий-ионную конструкцию, 5% приходится на проточные батареи на основе ванадия (*Vanadium Redox (Flow) Batteries*), 0,5% – на свинцово-кислотные.

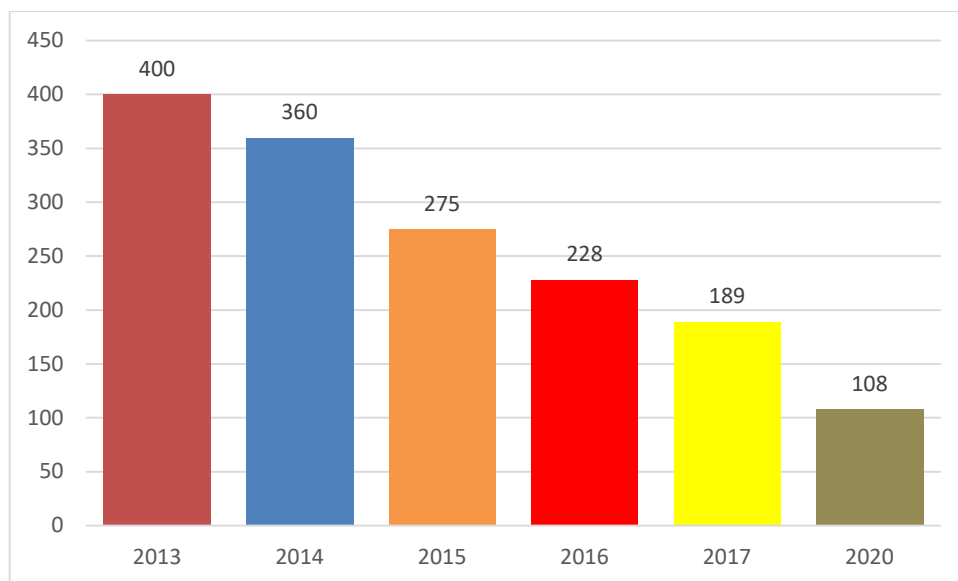


Рис. 1. Динамика цен на литий-ионные батареи, евро за кВт·ч

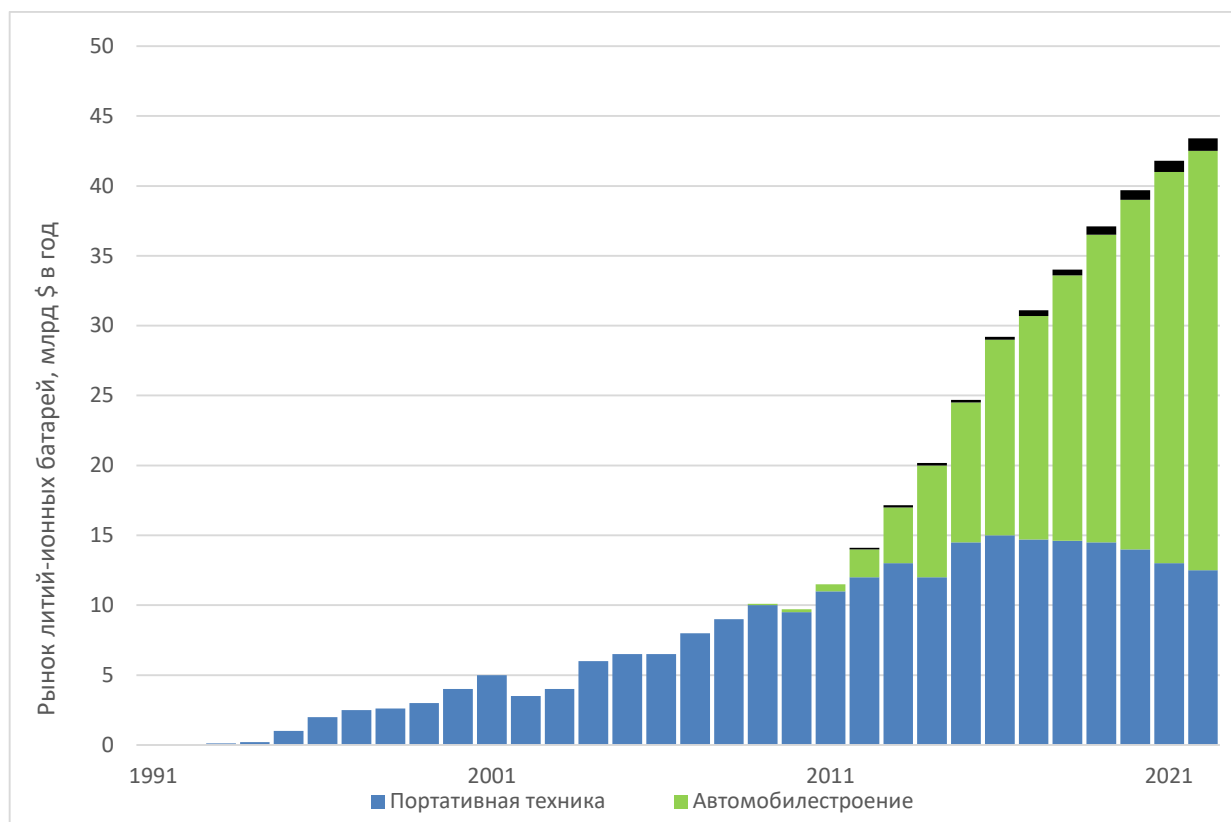


Рис. 2. Мировой рынок литий-ионных батарей по секторам потребления

В современной энергетике накопители энергии становятся важным средством оптимизации режимов энергосистемы, поддержки распределенной энергетики (рис. 2). Потенциальные возможности применения накопителей электроэнергии весьма широки: это и управление режимами с выравниванием графика нагрузки, и управление потоками мощности с повышением передающей способ-

ности сети, и работа в режиме вращающегося резерва энергосистемы. Накопители играют важную роль в повышении качества электроэнергии у потребителей, обеспечивают энергобезопасность, бесперебойность снабжения.

Библиографический список

1. Деловой еженедельник. URL: <http://www.profile.ru/economics/item/124798-zaryadis-po-polnoj>.
2. Какие бывают накопители энергии. URL: <http://fb.ru/article/190701/kakie-byivayut-nakopiteli-energii>.
3. Накопители энергии. URL: https://electric-220.ru/news/nakopiteli_energii/2014-01-08-485.
4. Применение накопителей электроэнергии. URL: <http://mig-energo.ru/kineticheskie-nakopiteli-energii/primenenie-nakopitelej-energii/>.
5. Роль накопителей электроэнергии. URL: http://cte.center/DOC/pdf/2014-08-19%20Верстка_Роль%20накопителей%20электроэнергии%20в%20повышении%20эффективности.pdf.
6. Хранение электроэнергии. Перспективы развития. URL: https://gisee.ru/articles/energy_management/64584/.

УДК 621.824

Д. О. Калюжный

магистрант кафедры управления в технических системах

И. А. Салова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ МУФТ В FEMM**

Магнитные муфты широко применяются в различных отраслях промышленности и позволяют передавать вращательное движение через экран в рабочий объем герметичных насосов, компрессоров, перемешивающих устройств и т. д. При установке магнитной муфты в приводе машины одна полумуфта крепится к электродвигателю, другая – к валу рабочего органа машины. Магнитное поле создается постоянными магнитами (NdFeB или SmCo). В воздушном зазоре между ведущей и ведомой полумуфтами устанавливается экран из коррозионно-стойкой стали или титанового сплава [1]. Важной характеристикой магнитной муфты является момент срыва в передаче вращения с ведущего вала на ведомый. В работе [2] для анализа момента срыва использовался программный комплекс ELCUT 6.0 [3], основанный на методе конечных элементов [4]. Были исследованы модели как с традиционным равномерным размещением магнитов по окружности, так и с размещением их в соответствии с патентом [5]. ELCUT является лицензионным коммерческим продуктом. Этот факт является ограничением его применения при моделировании. Имеются свободно распространяемые пакеты, среди которых представляет интерес FEMM (*Finite Element Method Magnetics*) [6]. FEMM содержит набор программ для решения низкочастотных электромагнитных, токовых и тепловых задач в двумерной плоской и осесимметричной областях.

На рис. 1 представлена магнитная муфта в разрезе.

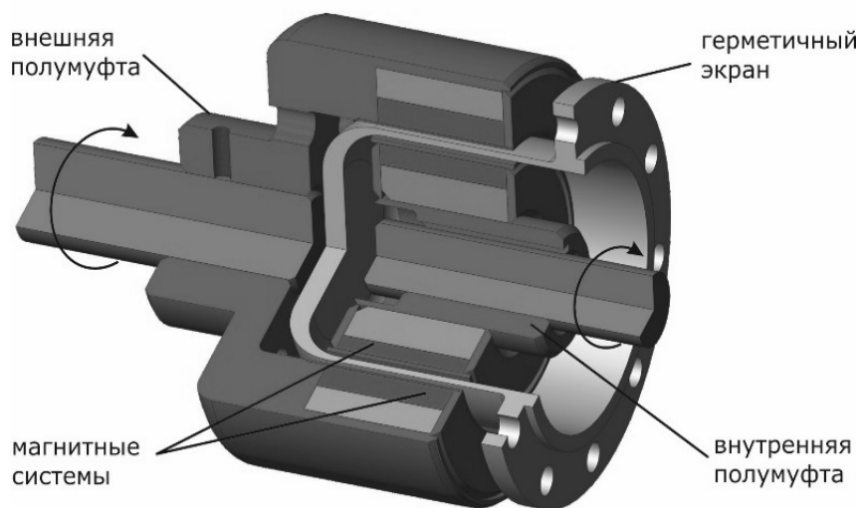


Рис. 1. Магнитная муфта

Целью данной работы является сравнительный анализ вычислительной точности двух программных комплексов: ELCUT 6.0 и FEMM 4.2 на примере магнитной муфты [5]. В качестве исследуемой характеристики выбрана зависимость момента срыва муфты от углового смещения полумуфт относительно друг друга. Поперечная геометрия выбранной муфты приведена на рис. 2.

На рис. 2 приняты следующие обозначения: t – толщина немагнитного экрана; b – величина полного немагнитного зазора, включающего собственно воздуш-

ный зазор и немагнитный экран; h_1 , h_2 – высота магнитов ведомой и ведущей полумуфт соответственно; c – ширина магнитов ведущей полумуфты; a – ширина магнитов ведомой полумуфты; D_1 – внутренний диаметр ведомой полумуфты; D_2 – внешний диаметр ведущей полумуфты.

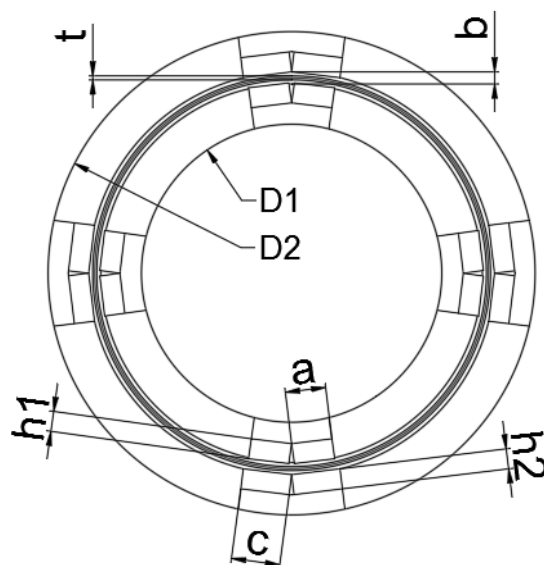


Рис. 2. Поперечная геометрия магнитной муфты по патенту [2]

В вычислительном эксперименте использованы следующие исходные данные: $t = 1$ мм; $b = 3$ мм; $h_1 = 5$ мм; $h_2 = 5$ мм; $c = 12$ мм; $a = 10$ мм; $D_1 = 37$ мм; $D_2 = 60$ мм; коэрцитивная сила магнитов $H_c = 560\,000$ А/м; максимально возможный угол отклонения внутренней полумуфты относительно внешней $\alpha = 8^\circ$.

Моделирование начинается с создания новой задачи (задача магнитостатического поля) и импортирования заранее заготовленной в *AutoCad* геометрической модели магнитной муфты с расширением.dxf. Затем определяем изначальную постановку задачи (тип задачи, единицы измерения, глубина модели для задачи типа $2D$ и т. д.) в окне «Формулировка задачи» и приступаем к добавлению маркеров «ярлыки блоков» для определения материальных свойств блоков из встроенной библиотеки материалов или с помощью добавления новых материалов вручную. Также задаем граничные условия на внешних границах геометрии. После задания всех свойств приступаем к построению расчетной сетки конечных элементов, выполняем решение задачи и анализируем его.

Рассмотрим, как будет изменяться вращающий момент в зависимости от угла поворота. При определенном угле наступает срыв магнитного момента, и передача вращения с ведущего вала на ведомый прекращается. Разработанная модель с сеткой конечных элементов показана на рис. 3. В отличие от ELCUT имена отдельных блоков модели отображаются в графической области, что, несомненно, затрудняет ее восприятие. На рис. 4 и 5 показана картина магнитного поля муфты в исходном положении и при угле поворота полумуфт относительно друг друга, соответствующем моменту срыва.

На рис. 6 и в таблице показаны зависимости момента срыва муфт от углового смещения полумуфт относительно друг друга, полученные в вычислительных экспериментах в программных комплексах ELCUT и FEMM. Моменты, приведенные на рис. 6 и в таблице, рассчитаны для осевой длины 1000 мм. Для получения реального момента это значение надо умножить на реальную осевую длину и поделить на 1000.

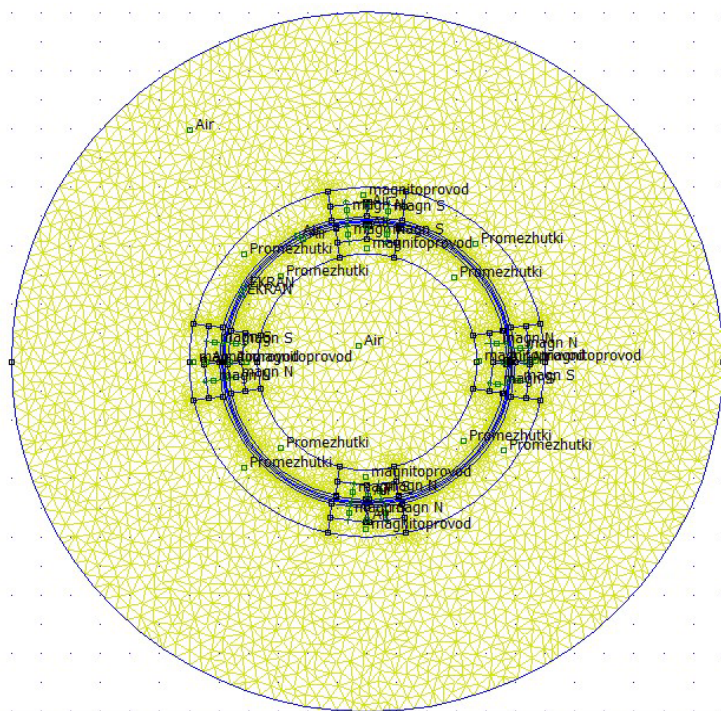


Рис. 3. Геометрия модели магнитной муфты с заданными свойствами всех блоков и построенной сеткой конечных элементов в графическом окне FEMM

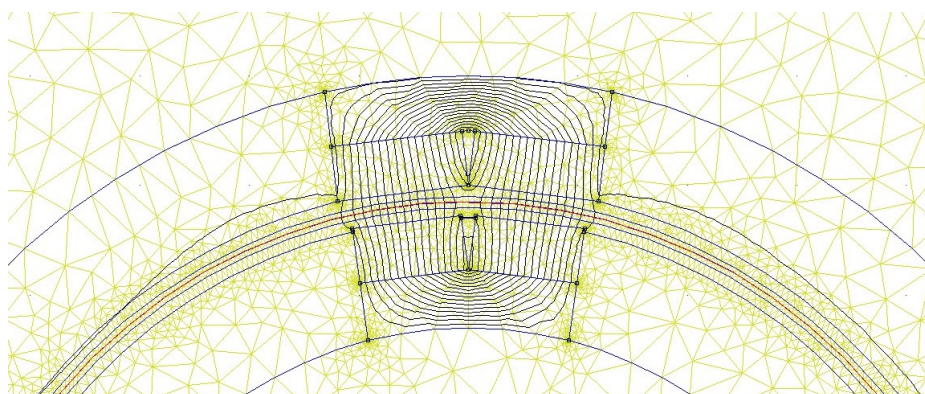


Рис. 4. Картина магнитного поля магнитной муфты в исходном положении магнитов ($\alpha = 0^\circ$)

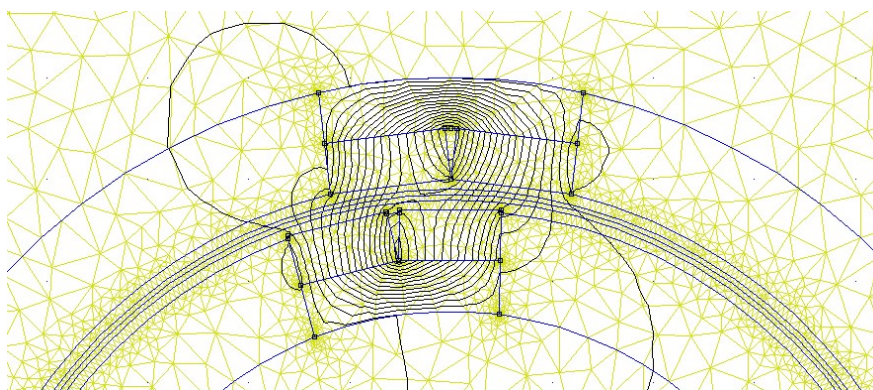


Рис. 5. Картина магнитного поля при угле поворота, соответствующем максимальному моменту для данной магнитной муфты ($\alpha = 8^\circ$)

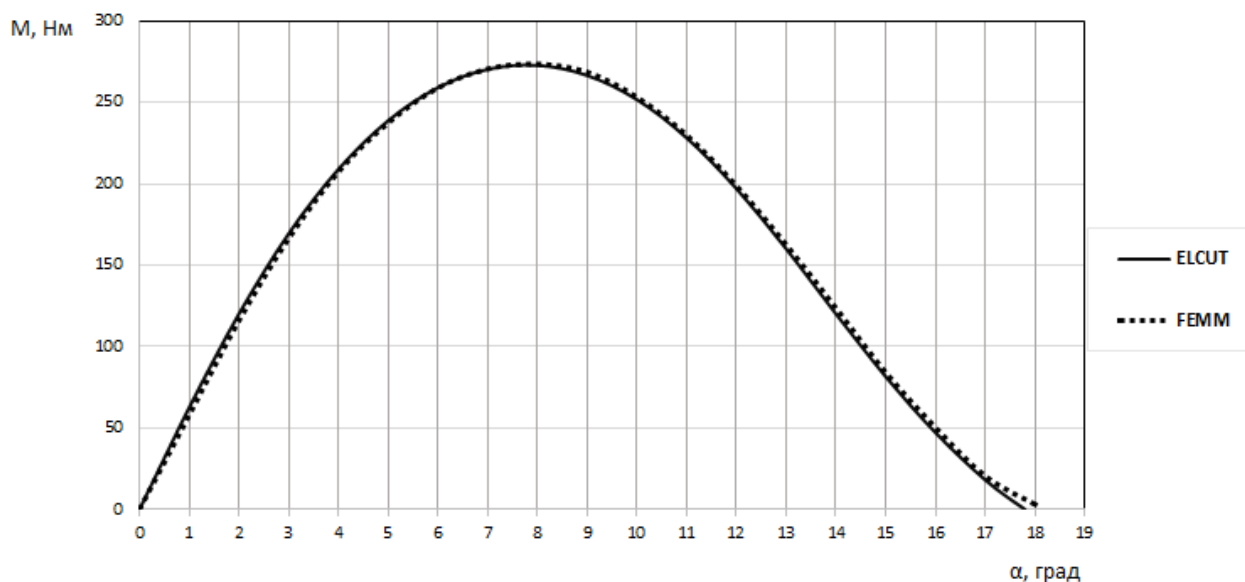


Рис. 6. Зависимость момента срыва муфты от углового смещения полумуфт относительно друг друга в ELCUT и FEMM

Проанализировав эти зависимости, можно заключить, что значения момента срыва, полученные с помощью программы FEMM, незначительно отличаются от ее платного аналога, о чем свидетельствуют данные и вычисленные погрешности в таблице.

Зависимость момента срыва муфты от углового смещения полумуфт относительно друг друга в ELCUT и FEMM

ELCUT		FEMM		Погрешность относительно ELCUT, %
M, Нм	α, град.	M, Нм	α, град.	
62,57	1	58,02	1	7,84
120,16	2	116,11	2	3,49
169,39	3	166,48	3	1,75
208,98	4	207,46	4	0,73
238,78	5	237,47	5	0,55
259,11	6	258,94	6	0,07
270,32	7	270,54	7	-0,08
272,77	8	273,59	8	-0,30
266,58	9	268,59	9	-0,75
251,74	10	253,19	10	-0,57
228,24	11	229,85	11	-0,70
196,99	12	198,75	12	-0,88
160,09	13	162,66	13	-1,58
120,11	14	123,69	14	-2,90
81,58	15	84,15	15	-3,05
47,20	16	50,40	16	-6,35
18,14	17	20,50	17	-11,50
0	17,8	0	18,1	

Исследование показало, что значения величин передаваемого на исполнительный механизм момента срыва магнитной муфты, полученные в программном комплексе FEMM, практически не отличаются от полученных в ELCUT. Обе программы позволяют решать достаточно широкий круг задач. В отличие от ELCUT, FEMM – бесплатная и свободно распространяемая программа, что является ее достоинством. Однако интерфейс пользователя в ELCUT гораздо удобнее.

Библиографический список

1. Муфта магнитная. URL: <http://www.poz-progress.ur.ru/index.php?page=products&pid=29>.
2. Калюжный Д. О. Использование метода конечных элементов для исследования магнитных муфт различной конструкции // Завалишинские чтения'2017 (Молодежная секция). СПб.: ГУАП, 2017. С. 50–54.
3. ELCUTv.6.0. Комплекс программ для моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач. Руководство пользователя. СПб.: Производственный кооператив ТОР, 2014.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.
5. Муфта магнитная. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/209/2091624.html>.
6. Байда Е. И. Расчет электромагнитных и тепловых полей с помощью программы FEMM: учеб.-метод. пособие. Харьков: 2015. 147 с.

УДК 338.28

А. Р. Кашаев, П. С. Некоз

магистранты кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**МАЛЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ: ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ
ФОРМИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

В современном мире инновации приобретают все большее значение для повышения конкурентоспособности и устойчивого роста национальных экономик. Страны, которые осуществляют свою политику в направлении развития экономики знаний, демонстрируют свою эффективность и высокие темпы экономического развития.

Формирование государственной политики, способной обеспечить инновационное развитие национальной экономики, является одним из наиболее сложных, но важных вызовов для России сегодня. Если традиционная для России научно-техническая политика ориентируется на создание нового знания и в значительно меньшей степени – на его практическое использование, то инновационная политика предполагает более целостный подход и фокусируется как на создании, так и на практическом использовании знаний.

Экономическая система представляет собой совокупность экономических процессов, протекающих в ней, доминирующих форм собственности и способов ее организации. Экономическая система оказывает непосредственное влияние на особенности хозяйственной деятельности экономических субъектов.

Хозяйственная система национальной экономики состоит из следующих основных элементов:

- социально-экономических, определяющих специфику отношений между хозяйствующими субъектами по поводу собственности, порядка владения и распределения основных экономических ресурсов и результатов экономической деятельности хозяйствующих субъектов;
- форм организации деятельности хозяйствующих субъектов;
- форм и методологии государственного регулирования;
- экономических связей между субъектами хозяйственной деятельности.

Малым инновационным предприятием (компанией) (МИП) принято называть наукоемкое предприятие, профиль деятельности которого относится к так называемому *high tech* – высоким технологиям – и которое производит товар или услугу, конкурентные на рынке технических инноваций (см. рисунок). Для поддержки МИП государство создало специализированную финансовую инфраструктуру, ядром которой выступает венчурный инновационный фонд, имеющий свои филиалы и отделения в регионах России.

В экономической науке и практике отмечаются следующие отличительные черты и преимущества малой инновационной компании перед крупными предприятиями и фирмами:

- более высокая эффективность конечных результатов инновационной деятельности и отдача инвестиций;
- гибкость и адаптивность к рынку (отсутствует эффект инерции массового производства, свойственный крупным компаниям);
- простота и эффективность управления, обусловленные малочисленностью сотрудников и отсутствием масштабного управленческого аппарата;

– низкие издержки производства из-за отсутствия больших производственных площадей и многочисленного оборудования.



Функциональные различия классических и инновационных предприятий

Для малой инновационной компании характерен повышенный риск бизнеса, связанный с единичной или малой номенклатурой выпускаемых товаров, слабой инфраструктурой вновь создаваемого бизнеса, отсутствием производственных резервов, сложностями вхождения малой фирмы на монополизированные рынки. Поэтому малые инновационные предприятия нуждаются в серьезной государственной поддержке и собственной обслуживающей инфраструктуре.

15 августа 2009 года вступил в силу Федеральный закон № 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ (ХО) в целях практического применения результатов интеллектуальной деятельности», который стал новым этапом в функционировании научных и образовательных учреждений [2].

Основной целью закона является обеспечение реального внедрения в производство результатов научно-технической деятельности. Права на эти результаты принадлежат учреждениям науки и образования, поскольку созданы за счет бюджетных средств. Закон предоставляет возможность учреждениям науки и образования быть участниками и учредителями хозяйственных обществ, занимающихся внедрением результатов интеллектуальной деятельности, права на которые принадлежат данным учреждениям.

В дальнейшем возможность появления предприятий при вузах была закреплена ст. 103 ФЗ от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», предусматривающей возможность создания образовательными организациями высшего образования хозяйственных обществ и хозяйственных парт-

нерств, деятельность которых заключается в практическом применении (внедрении) результатов интеллектуальной деятельности [3].

Несмотря на совершенствование российского законодательства в целях предоставления льгот малым инновационным предприятиям начиная с 2009 года, в этой отрасли имеет ряд проблем, подлежащих решению на государственном уровне.

Основные проблемы, с которыми сталкиваются МИП, связаны с финансированием проектов. Данные предприятия имеют достаточно высокий интеллектуальный потенциал, однако для создания опытных образцов и возможности коммерциализации разработок необходима дорогостоящая материально-техническая база. Открытым остается вопрос приоритетного инструмента финансовой поддержки малых инновационных предприятий при вузах. Проблемы финансирования возможно решить с помощью венчурного финансирования, а также реализации государственных федеральных целевых программ.

Проблемы наблюдаются и в документальном соответствии МИПов требованиям Федерального закона № 217-ФЗ в области уставного капитала. Согласно указанным требованиям уставный капитал предприятия на треть должен состоять из средств университета. На практике уставный капитал зачастую на 100% состоит из средств университета [4]. Таким образом, эта трудность является своего рода производной от проблемы финансирования проектов.

Отрицательный эффект поднимает вопрос материальных площадей для проведения испытаний крупных видов продукции. Это накладывает ограничения на деятельность предприятий и, как следствие, повышает расходы на аренду таких площадок у частных предпринимателей, которые предоставляют их по завышенным ценам.

Необходимым элементом успешного развития инновационной системы является подготовка кадров, способных работать в инновационной экономике. В настоящее время наблюдается недостаток высокопрофессиональных кадров, способных работать на инновационных предприятиях. Для решения данной проблемы необходима ориентация образовательных программ высшей школы на получение навыков инновационного предпринимательства и коммерциализации разработок, а также создание системы повышения квалификации кадров для работы в новой экономической системе.

Все это наиболее крупные и основные сдерживающие факторы на пути к созданию МИП в России. Кроме этого, можно выделить ряд менее острых проблем, связанных с функционированием МИП:

- Попытки создать большое количество ХО в рамках одного вуза.
- Низкая инновационная активность вузов гуманитарного профиля.
- Нехватка информационной базы для осуществления проектной деятельности МИП.
- Нехватка профессорско-преподавательского состава в отдельно взятых вузах.
- Слабая активность рынка интеллектуальных продуктов и патентов.

Библиографический список

1. Фатхутдинов Р. А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов. 6-е изд. СПб.: Питер, 2008. 448 с.
2. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности» от

02.08.2009 № 217-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90201.

3. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174.

4. Российская ассоциация инновационного развития. Публикации «Основные проблемы, препятствующие созданию малых инновационных компаний в вузах» Т. А. Тормышева, зам. ген. директора РАИР. URL: <http://www.rair-info.ru/publication/publication11>.

УДК 658.5

Л. Г. Келлер

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА И МЕРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ВНЕДРЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

1. Опыт зарубежных стран в правовом регулировании ВИЭ

Европейский союз (ЕС) – один из лидеров в развитии возобновляемых источников энергии (ВИЭ). По оценке *British Petroleum*, на его долю приходится почти 42% мирового потребления возобновляемой энергии, в то время как на долю США – 23%, Китая – 9%, Японии – 4%. Была поставлена новая цель – к 2020 году довести производство ВИЭ до 20% от первичного потребления. Для реализации заявленной цели в 2009 году была принята Директива 2009/28 по развитию возобновляемой энергетики, переводящая политические намерения в юридические обязательства. За период с 2002 по 2011 год общее производство возобновляемой энергии в ЕС выросло на 67%, среднегодовой темп роста составил 7,4% (см. рис. 1). Успехи Евросоюза несомненны.

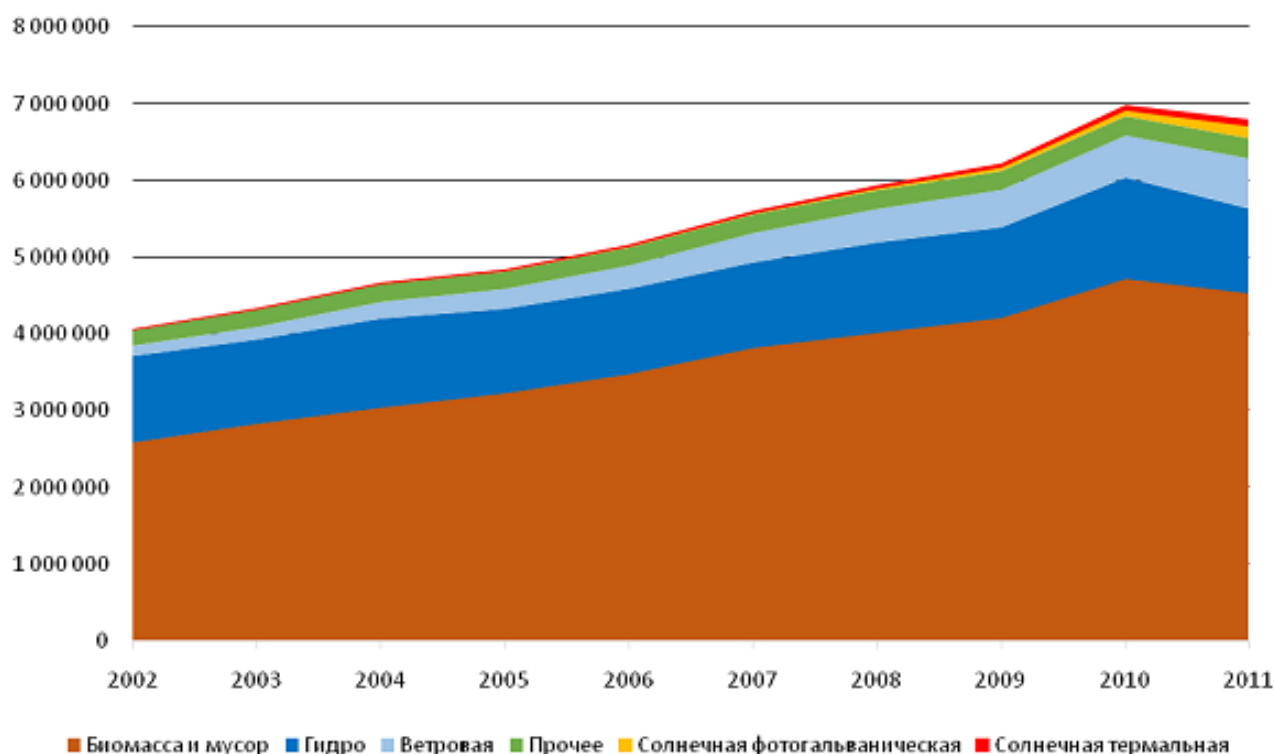


Рис. 1. Производство первичной энергии из ВИЭ в ЕС-27, ТДж

По данным *Euracoal*, в Германии общий объем субсидирования ВИЭ вырос в 2000–2011 годах с 1 млрд до 16,8 млрд евро (см. рис. 2) преимущественно за счет поддержки наиболее дорогостоящих видов ВИЭ: фотогальванической солнечной энергетики, ветрогенераторов в офшоре и биотоплива второго поколения. При этом размер субсидий на единицу продукции увеличился вдвое: с 8,5 до 17,9 евроцентов за кВтч.

Всемирная ядерная ассоциация (WNA) оценивает размер субсидирования ВИЭ в Германии еще выше – 20 млрд евро в год только в электроэнергетике суммарно за счет бюджета и дополнительных расходов потребителей. А в электроэнергетике Испании, по ее расчетам, размер субсидий на ВИЭ ежегодно составляет 7 млрд евро.

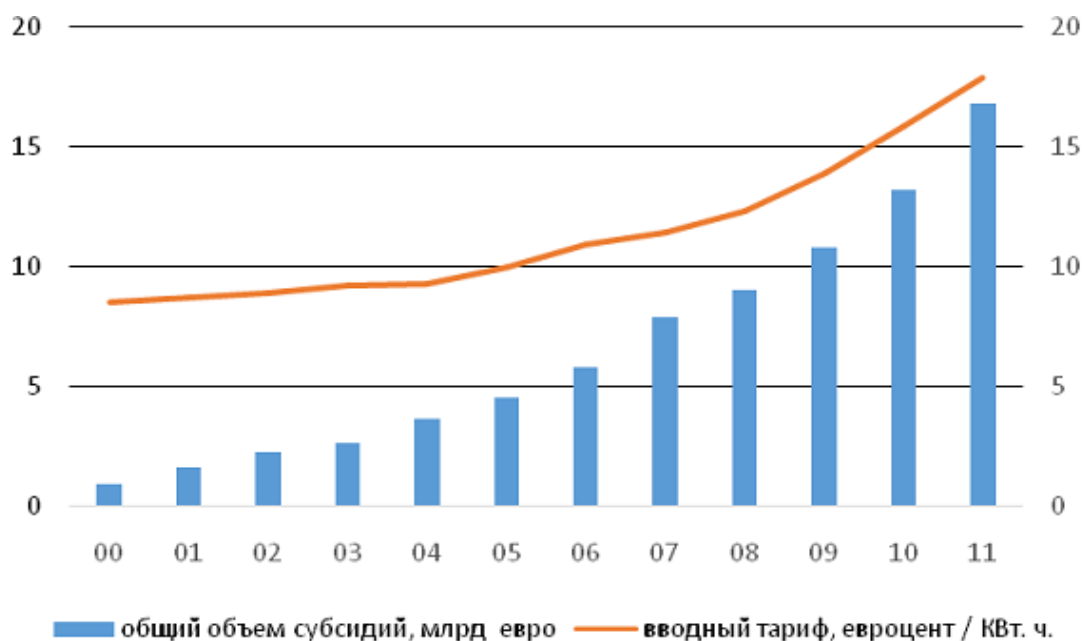


Рис. 2. Субсидирование электрогенерации из ВИЭ в Германии (суммарно госсубсидии и дополнительные расходы потребителей)

В 2001 году Европейское агентство по окружающей среде оценивало для ЕС-15 общий объем субсидий на развитие ВИЭ в 5,3 млрд евро, из которых лишь 0,6 млрд евро было выделено из бюджетных средств, а остальные 4,7 млрд евро – из средств потребителей. В предварительном варианте Сообщения Еврокомиссии от 5 ноября 2013 года фигурировала цифра 30 млрд евро в год.

К началу 2013 года отношение Еврокомиссии к развитию и субсидированию ВИЭ существенно изменилось. Переломным моментом стал саммит Европейского совета, состоявшийся 22 мая 2013 года. Он на политическом уровне декларировал изменение приоритетов энергетической политики ЕС: вместо устойчивой энергии на первый план была выдвинута конкурентоспособная энергия.

Смену приоритетов наглядно демонстрирует уже первая фраза Заключения Европейского совета: «В современном экономическом контексте мы должны мобилизовать все наши политики на поддержку конкурентоспособности, [создание] рабочих мест и [стимулирование экономического] роста». Европейский совет потребовал внести изменения в правила оказания господдержки энергетики, в частности устранить экологически или экономически вредные субсидии и разработать эффективные и экономически обоснованные схемы поддержки ВИЭ. Принципиальными условиями дальнейшего развития ВИЭ названы их экономическая эффективность, развитие рыночных механизмов и стабильность сетей.

2. Механизм государственной поддержки ВИЭ в Российской Федерации

Не секрет, что из-за дороговизны ВИЭ их бурное развитие в ведущих странах мира в последнее десятилетие стало возможным лишь благодаря финансовой поддержке со стороны государств. В настоящее время в мировой практике

существует несколько механизмов поддержки проектов электрогенерации на основе ВИЭ. Наиболее популярны из них два: «зеленые тарифы» и «зеленые сертификаты». В первом случае государство гарантирует приобретение у производителей электроэнергии из ВИЭ по специальным более высоким тарифам. Их устанавливают для конкретного объекта на альтернативных источниках энергии на 20–25 лет, что обеспечивает хорошую рентабельность таких проектов. Во втором случае производитель по факту продажи на свободном рынке электроэнергии, сгенерированной на ВИЭ, получает специальный подтверждающий сертификат (подобная схема действует, например, в Швеции и Норвегии), который впоследствии может быть продан. Государство обеспечивает спрос на такие сертификаты, вводя законодательные требования на долю ВИЭ в энергетике страны, в том числе льготы для компаний, использующих ВИЭ, и штрафы для «грязных» компаний.

Россия на протяжении последних лет искала собственный путь поддержки ВИЭ, необходимость которого обусловлена специфическими особенностями внутреннего энергорынка. Отличительной чертой рынка электроэнергетики России является схема ОАО РАО «ЕЭС России», предполагающая функционирование одновременно двух механизмов торговли электроэнергией: продажа собственно электроэнергии (ее физически выработанных объемов) и продажа мощности. Реализация мощности осуществляется посредством договоров о предоставлении мощности (ДПМ), в которых прописаны с одной стороны обязательство поставщика электроэнергии содержать в готовности генерирующее оборудование для выработки электроэнергии установленного качества в объеме, необходимом для удовлетворения потребности в электроэнергии потребителя, а с другой стороны – гарантия оплаты мощности потребителем.

После тщетных попыток стимулирования развития ВИЭ в России через надбавки к рыночной цене электроэнергии 28 мая 2013 года Правительство РФ приняло Постановление № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». Разработчики данного постановления попытались обеспечить максимальное интегрирование механизма поддержки ВИЭ в существующую в стране специфическую архитектуру рынка электроэнергетики. Поддержка ВИЭ (предусмотрена для трех видов: солнечной, ветровой энергетике и малой гидроэнергетики) осуществляется через ДПМ ВИЭ – договоры о предоставлении мощности, видоизмененные с учетом особенностей ВИЭ. Изменения, внесенные в стандартный ДПМ, обеспечивают работу объектов на ВИЭ по правилам, аналогичным тем, которые применяются к объектам электрогенерации, работающим в вынужденном режиме.

3. Возобновляемые источники энергии в России: состояние и перспективы правового регулирования

Возобновляемая энергетика делает свои первые шаги в России. По сути, единственным направлением альтернативной энергетике в стране, которое достигло в последние годы весомых результатов, является биотопливная отрасль, в частности производство древесных гранул. Россия является ведущим поставщиком этой продукции на рынки Европы.

В производстве электроэнергии на основе ВИЭ существенного развития достигла только гидроэнергетика, на долю которой приходится до 16% в энергобалансе страны. Однако и здесь зеленые электростанции, т. е. минимально влияющие на экосистему МГЭС (мощностью до 30 МВт), составляют ничтожно малую часть, при этом большинство из них построено еще в советские времена. Секто-

ры солнечной и ветровой электроэнергетики сегодня находятся практически на нулевой (стартовой) отметке.

В России идея стимулирования микрогенерации на ВИЭ на государственном уровне получила развитие в конце 2016 года в рамках реализации стратегии экологически устойчивого развития страны. В декабре 2016 года на заседании Госсовета было принято решение о переходе к такой модели развития. На основании данного решения премьер-министр России Д. А. Медведев дал указание предусмотреть стимулирование развития возобновляемой энергетики, в том числе микрогенерации на ВИЭ. В феврале 2017 года вице-премьер А. В. Дворкович поручил профильным министерствам до 1 апреля 2017 года разработать «проект плана мероприятий по стимулированию развития микрогенерации ВИЭ, установленной у потребителей (включая физических лиц)». Планируется, что в течение года Минэнерго России инициирует необходимые изменения в законодательство, которые будут направлены на снятие ограничений для развития микрогенерации на ВИЭ, прежде всего в части присоединения к сетям и поставок электроэнергии.

В поручении А. В. Дворковича перечислены принципы и параметры, которые должны учитываться при развитии отрасли микрогенерации на ВИЭ в России. Согласно этим принципам государство заинтересовано в развитии производства электроэнергии на ВИЭ частными домовладельцами (исключаются многоквартирные дома), которым планируется упростить требования доступа к сети в качестве продавца, а гарантирующим поставщикам в конкретном регионе вменяется обязанность покупать излишки электроэнергии, образующиеся у владельцев таких генерирующих объектов. При этом предполагается, что доход, получаемый владельцем объекта микрогенерации на ВИЭ в результате продажи «лишней» электроэнергии, не будет облагаться налогом.

Предлагаемые механизмы стимулирования находятся на стадии обсуждения. Одним из спорных пунктов является способ реализации избыточной электроэнергии, которая образуется у владельца объекта микрогенерации. Существуют два основных способа: продавать электроэнергию по рыночной цене или использовать схему взаимозачета, т. е. компенсации объемов перетока электроэнергии между владельцем объекта микрогенерации и электрическими сетями. В мире развитие энергетики на основе ВИЭ реализуется преимущественно для решения двух основных задач: снижения роли углеводородов в энергетическом балансе (борьба с загрязнением окружающей среды и изменением климата) и повышение энергетической самообеспеченности. В России эти факторы не имеют большого значения, так как страна полностью обеспечивает внутренние потребности в энергоресурсах по относительно низким ценам. При стимулировании большой энергетики на ВИЭ (ветро- и солнечные электростанции) основным доводом при внедрении мер государственной поддержки (по ДПМ) являлась необходимость развития собственных оборудования и технологий в данной сфере. В секторе микрогенерации на ВИЭ требование по локализации производства оборудования в России отсутствует, однако развитие данного сектора также может вызвать некий рост спроса на российское оборудование для ВИЭ. Однако основной эффект для экономики может быть обеспечен за счет развития малого и среднего бизнеса в сфере производства, поставок и обслуживания объектов микрогенерации на ВИЭ, что может стать новым сектором в экономике (пример Германии, США, Австралии и других развитых стран).

Библиографический список

1. Безруких П. П. Роль возобновляемой энергетики в энергоснабжении в мире и России. Состояние и перспективы // Межотраслевой альманах. 2014. № 48. 229 с.

2. Фортов В., Попель О. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. 168 с.: ил.

3. Ташимбетов М. А. Комбинированное использование энергоустановок на основе возобновляемых источников для электроснабжения локальных потребителей: дис. ... канд. техн. наук: СПб., 2005. 134 с.

4. Возобновляемая энергетика: законы, меры государственной поддержки. URL: https://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/30960-vozobnovlyаемая_energetika_zakony_mery_gosudarstvennoy_podderzhki_inic (дата обращения: 10.03.2018).

5. Поддержка возобновляемых источников энергии. URL: <http://www.alobuild.ru/ispolzovaniye-vozobnovlyаемой-energii/podderzhka.php> (дата обращения: 10.03.2018).

УДК 658.5

А. Е. Керс

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

М. В. Канавцев – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ОПОВЕЩЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

С каждым днем идет совершенствование и модернизация технологий, и сегодня, оглядываясь на 10–15 лет назад, мы можем говорить об огромном технологическом прорыве в различных отраслях. Многие технологии устаревают, и если раньше устаревание технологий занимало значительный период времени, то сегодня тенденция меняется, и технологии устаревают практически сразу после выхода на рынок. Вместе с развитием технологий остро встает вопрос безопасности человеческого здоровья и жизни. Существует множество систем контроля и оповещения, но могут ли они обеспечить безопасность должного уровня.

Для оптимизации данных систем и создания единой, способной не только отвечать всем требованиям современных предприятий, но также и быть менее энергозатратной, постоянно развивающейся, предлагается внедрение самообучающихся нейронных сетей в системы контроля и оповещения.

Программные методы, подражающие человеческому зрению, основаны на использовании нейронных сетей. Сегодня они лежат в основе многих сервисов: *Facebook* использует нейронные сети для алгоритмов автоматического проставления тегов, *Google* – для поиска среди фотографий пользователя, *Amazon* – для генерации рекомендаций товаров, *Pinterest* – для персонализации домашней страницы пользователя, а *Instagram* – для поисковой инфраструктуры [1].

Для решения данных задач, нахождения сложных признаков из большого массива пикселей используется тип нейронных сетей, называемый сверточным.

Образцом для создания нейронных сетей являются биологические нейронные сети. Большая часть всей сенсорной информации, которая к нам попадает, поступает от зрительных органов восприятия. Более одной трети поверхности мозга человека заняты двумя самыми главными зрительными зонами – дорсальный зрительный путь и вентральный зрительный путь. Простейший элемент, напоминающий клетку мозга, – нейрон. Он имеет входные элементы, которые располагаются слева направо, изредка снизу вверх. Слева расположены входные части нейрона, справа – выходные.

Как считает социальное СМИ об IT-технологиях, простейший перцептрон способен выполнять только самые простые операции. Для того чтобы выполнять более сложные вычисления, нам нужна структура с большим количеством скрытых слоев.

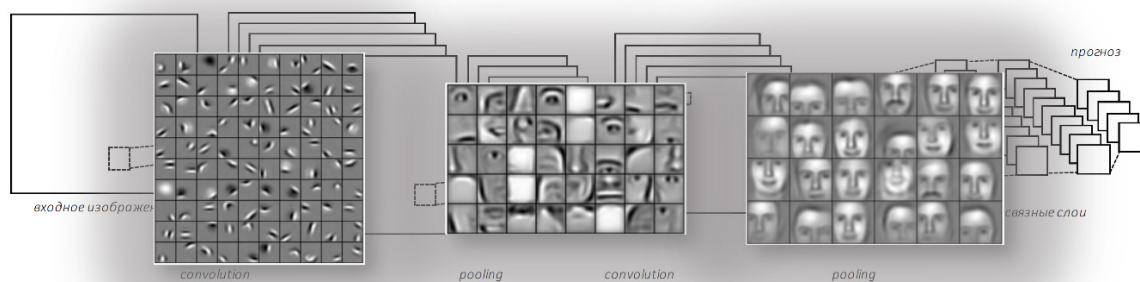
В случае компьютерного зрения нам нужно еще больше скрытых слоев. И только тогда система будет осмысленно распознавать то, что она видит.

Сигналы с этих входных слоев передаются от слоя к слою с помощью синапсов, каждый из слоев имеет свои определенные коэффициенты. Итак, мы передаем сигналы от слоя к слою, от слоя к слою, пока не получится распознать лицо [2].

Нейронная сеть учится на примере картинки и лейбла. Как нас в детстве учат названиям предметов, так нейронные сети обучаются на большом количестве картинок. Но дело в том, что до 2010 года не существовало достаточно большого *data set'a*, способного научить такое количество параметров распознавать изображения.

Итак, входное изображение попадает в сеть слоев, их можно назвать фильтрами разного размера, которые распознают элементы разной сложности. Эти фильтры составляют некий индекс или набор признаков, который потом попадает в классификатор.

Если рассмотреть на примере распознавания лиц, то у нас рецептивное поле первого слоя будет маленьким, потом чуть побольше, побольше, и так до тех пор, пока мы наконец не сможем распознавать лицо целиком.



Алгоритм распознавания лица с помощью СНС [3]

Сверточная нейронная сеть (СНС) очень похожа на зрительную кору головного мозга. На зрительной коре имеются небольшие участки клеток нейронов, которые связаны с определенными местами зрительного поля. За это открытие Дэвид Хьюбел и Торстен Визель удостоились Нобелевской премии по медицине в 1981 году. Хьюбел и Визель в 1962 году провели эксперимент, в котором показали, что отдельные клетки нейронов откликались исключительно при наблюдении границ конкретной ориентации. В частности, отдельные клетки нейронов откликались, когда принимали вертикальные грани, а некоторые – горизонтальные или диагональные. Ученые определили, что все эти нейроны образуют структуру в виде стержневого построения, что позволяет создать аналог человеческого визуального восприятия. Данный алгоритм направлен на решение конкретной задачи (как нейроны зрительной коры головного мозга, которые отыскивают специальные характеристики) и используется при написании алгоритмов машинного зрения, а также лежит в основании СНС [4].

Задач на самом деле не так много, они относятся к трем классам. Среди них такие задачи, как идентификация объекта, семантическая сегментация, распознавание лиц, распознавание частей тела человека, семантическое определение границ, выделение объектов внимания на изображении и выделение нормалей к поверхности, как показано на рисунке.

Немного статистики. При поиске по 10 тысячам фото точность идентификации составляет около 95% в зависимости от качества базы, 99% точность верификации. Помимо этого, данный алгоритм очень устойчив к изменениям – нам необязательно смотреть в камеру, на лице могут быть очки, солнечные очки, борода, медицинская маска.

По данным алгоритмам нейронную сеть возможно научить распознавать нестандартные ситуации, что поможет развить систему контроля и оповещения предприятий.

Нейронные сети (искусственная нейронная сеть) – это система соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты (особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах). Каждый процессор

подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И тем не менее, будучи соединенными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, эти процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи, поскольку нейронные сети обучаются в процессе работы.

Контроль чрезвычайных и аварийно опасных ситуаций технологически сложный и финансово затратный процесс. Во-первых, из-за больших размеров предприятий система должна быть масштабируемой, чтобы можно было увеличить количество камер при расширении предприятия.

Во-вторых, это сложность систем видеонаблюдения. Предприятие включает в себя множество участков как внутри, так и снаружи: основное предприятие, территория, вспомогательные участки и т. д.

В-третьих, это риски. Любое предприятие несет риски технологического характера, а следовательно, требования к надежности системы выдвигаются намного более высокие.

Частое требование контроля на предприятии – это единая система, которая включает в себя не только видеонаблюдение, но также охранно-пожарную сигнализацию, систему контроля доступа.

Рынок не может предложить совершенную систему по требованиям предприятия, а если эта система и есть на рынке, то достаточно быстро устаревает, и предприятию невыгодно каждый год производить модернизацию. К тому же данные системы неудобны, катастрофически энергозатратны и требуют много людей для контроля.

Для того чтобы оптимизировать данные системы и создать единую, которая не только будет отвечать всем требованиям современных предприятий, но также будет менее энергозатратной и сможет постоянно развиваться, необходимо внедрять нейронные сети. При этом использование данной системы позволит избежать проведения обязательной замены систем контроля и оповещения.

Аппаратно-программный комплекс позволит решить все вышеперечисленные вопросы: внедрение самообучающихся нейронных сетей в систему контроля и оповещения позволит определять различные состояния системы в зависимости от заданного индикатора.

Нейронная сеть может быть использована для определения задымлений, возгораний, замыканий электрических цепей, служить охранным элементом, исключая нахождение человека как контролирующего звена. Может собирать и отправлять статистику состояния рабочих, контролировать их усталость и просто следить за процессом.

Способ интеграции довольно прост. Необходимо создать нейронную сеть, задать ей базу определенных ситуаций, по которым она сможет определять, классифицировать и передавать необходимые данные для оповещения или предотвращения той или иной ситуации.

В зависимости от того, какие датчики используются на территории, можно задать различные ситуации. Если это камеры видеонаблюдения, то необходимо задать изображения, которые не соответствуют идеальной системе функционирования объекта. К примеру, проникновение посторонних лиц на территорию объекта – нейросеть определит это и отправит соответствующий сигнал на пост охраны. Возгорания, задымления, усталость работников, неисправность оборудования – все это может отследить нейросеть.

Из всего вышесказанного следует, что изучение сверточной нейронной сети и ее внедрение в системы контроля и оповещения на предприятии сегодня наиболее актуальны и необходимы.

Библиографический список

1. Deshpande A. A. Beginner's Guide to Understanding Convolutional Neural Networks. URL: <https://adeshpande3.github.io/A-Beginner%27s-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks> (дата обращения: 10.02.2018).
2. Хабрахабр – социальное СМИ об IT. URL: <https://habr.com/post/371751> (дата обращения: 25.01.2018).
3. Lee H. et al. HighLoad++. Высоконагруженные системы. URL: <http://pcnews.ru/blogs/habrahabr/1026.html> (дата обращения: 25.01.2018).
4. Hubel D. H. Brain Mechanisms of Vision. / D. Hubel, T. Wiesel // Scientific American, 1979. Pp. 150–162.

УДК 004.383

А. О. Киселева

студентка кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ**

В последние годы в России и в мире возрос интерес к обучению детей робототехнике, начиная с раннего возраста. Это обусловлено развитием цифровых технологий, в том числе робототехники, как приоритетных технологий будущего [1]. Информатизация и технологизация не только изменили среду жизнедеятельности взрослого человека, но и оказали влияние на формирование среды школьников. Одной из приоритетных задач современного обучения является приобщение учеников к технологическому миру, снижение рисков негативного влияния технологического мира на их развитие. Занятия робототехникой позволят приобщить детей к работе в команде, к желанию получать новые знания, а также к пониманию технологического мира [2, 3].

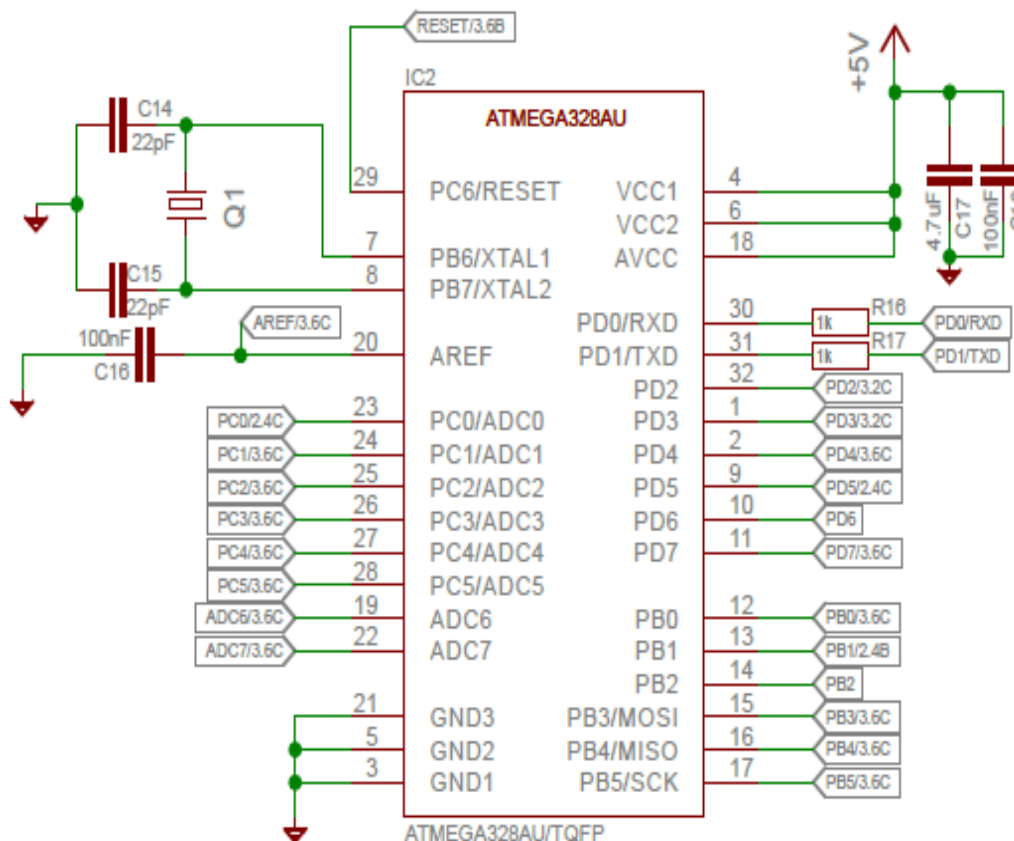


Рис. 1. Схема подключения различных элементов платы к микроконтроллеру

В данной работе описана разработка мобильной робототехнической системы для обучения школьников. Для разработки мобильной робототехнической системы был выбран микроконтроллер ATmega328. Выбор обусловлен тем, что ATmega328 отличается высокой производительностью и низким энергопотреблением [4]. Также данный микроконтроллер установлен на плате *Arduino Uno*, следовательно, он будет совместим со средой разработки *Arduino IDE* после загрузки в него штатного загрузчика *Arduino*. На рис. 1 приведена схема подключения микроконтроллера ATmega328 к выводам на печатной плате.

Для удобства управления и программирования, а также для связи на коротких дистанциях был выбран *Bluetooth*-модуль RN41-I/RN. Схема подключения приведена на рис. 2.

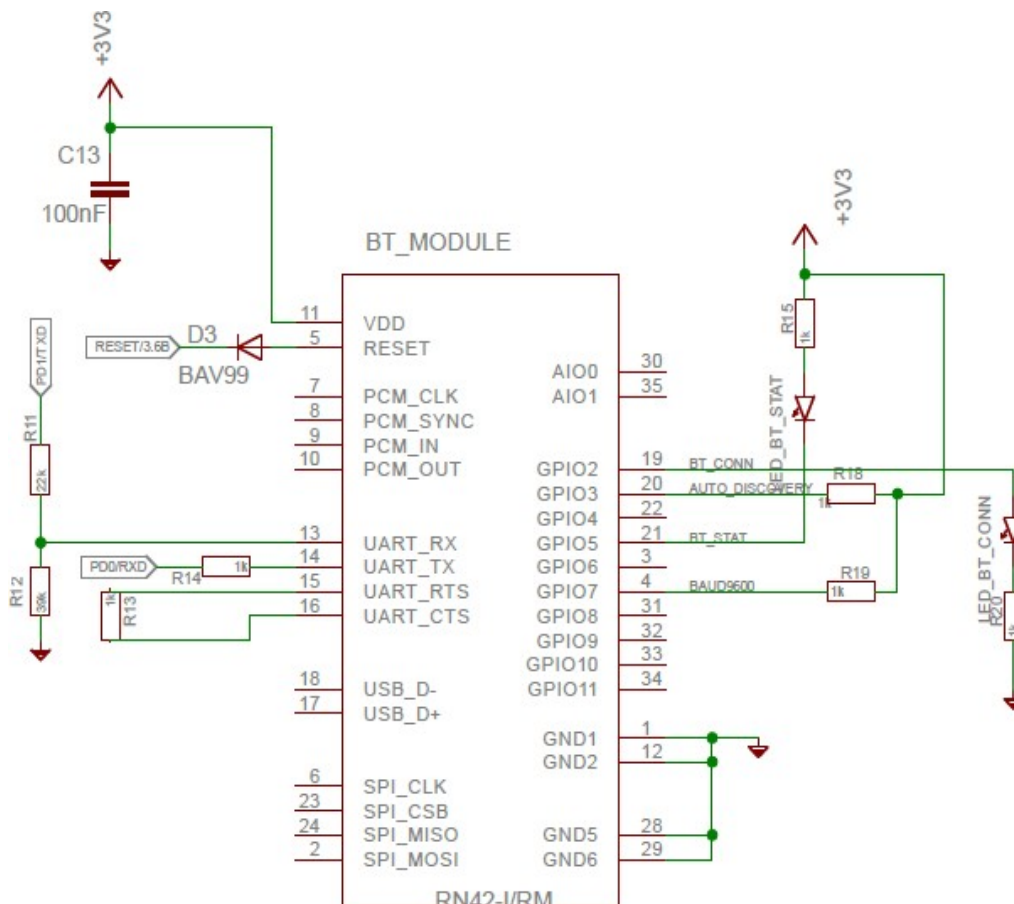


Рис. 2. Схема подключения *Bluetooth*-модуля к элементам платы

Для работа будут использоваться два микромотора постоянного тока. Поэтому для управления ими был выбран драйвер моторов LV8548 – двухканальный драйвер моторов малого напряжения насыщения. Данный драйвер моторов оптимален для моторов напряжением до 12 В и может управлять двумя двигателями постоянного тока или одним двухфазным биполярным шаговым двигателем. Подключение драйвера моторов LV8548 к элементам на плате представлено на рис. 3.

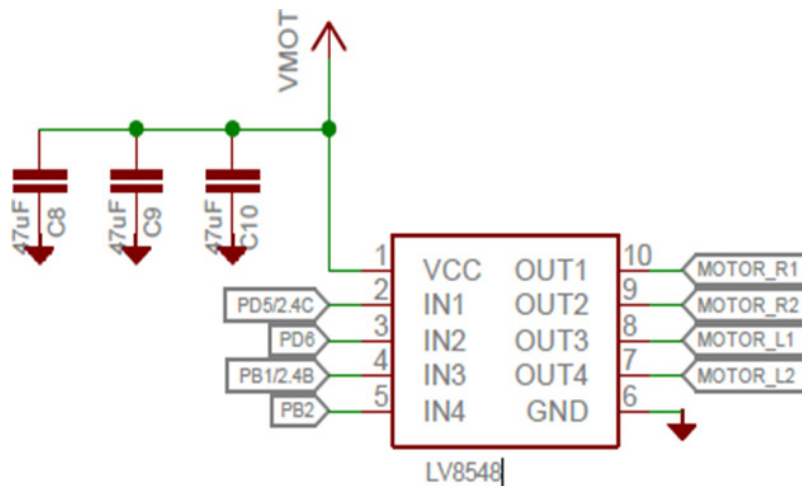


Рис. 3. Драйвер моторов LV8548

С учетом всех электронных компонентов и мощности двигателей была осуществлена разработка печатной платы, а также пластикового корпуса. Внешний вид готового робота представлен на рис. 4.



Рис. 4. Готовый робот

Аналогов подобного робота на российском рынке очень мало. Разработанный робот с легкостью может конкурировать как с иностранными, так и с отечественными разработками в сфере обучения детей дошкольного и школьного возраста.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 4 сентября 2014 г. № 1726-р г. Москва. URL: <https://rg.ru/2014/09/08/obrazovanie-site-dok.html>.
2. Готская И. Б. Игровая робототехника / И. Б. Готская, Е. А. Вострикова, Г. Г. Крылова. СПб.: Изд-во АО РОББО, 2016. 15 с.
3. Вострикова Е. А. Образовательная робототехника: методические рекомендации / Е. А. Вострикова, Л. С. Захаров. СПб., Казань, Новокузнецк. 2015. 24 с.
4. Atmel Corporation. 8-bit AVR Microcontrollers: ATmega328/P, DATASHEET COMPLETE. URL: http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf.

УДК 004.93

А. Д. Ковалев

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОДНОВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ С ПОМОЩЬЮ МОНОКУЛЯРНОЙ КАМЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЗНАКОВ

Введение

Задача одновременной локализации и построения карты (англ. *Simultaneous Localization and Mapping – SLAM*) состоит из одновременного определения положения робота, оснащенного сенсорами, и построения модели или карты неизвестного окружения с использованием этих сенсоров. Далее описанные алгоритмы используют в качестве сенсора монокулярную камеру. Алгоритмы, основанные на признаках, разбивают задачу оценки геометрической информации из изображений на два этапа. Первый этап – это извлечение признаков из изображений, полученных с монокулярной камеры. Второй этап – расчет положения камеры в пространстве и геометрии сцены как функции от полученных признаков из первого этапа.

Алгоритм MonoSLAM

MonoSLAM [1] – алгоритм локализации и построения карты с помощью монокулярной камеры в реальном времени. В этом алгоритме и во всех описанных алгоритмах акцент сделан на их работу в реальном времени.

Карта положений признаков в трехмерном пространстве и неопределенность в их положениях представлена в виде многомерного нормального распределения, которое представлено в виде вектора состояний \mathbf{x} и квадратной матрицы ковариаций \mathbf{P} . Вектор состояний \mathbf{x} состоит из вектора состояний камеры и векторов положений признаков. Вектор состояний камеры содержит в себе положения камеры в трехмерном пространстве, ориентацию камеры в трехмерном пространстве, скорость и угловую скорость камеры.

Такая карта служит для возможности локализации в реальном времени, а не для полного описания сцены. Ориентир представляет собой хорошо локализованный признак в трехмерном пространстве. Ориентиры являются статическими. Цель карты состоит в захвате набора высококачественных ориентиров для локализации.

Для более эффективной работы используются черно-белые изображения с камеры. Признаки выбираются из черно-белого изображения детектором углов, описанным в [2]. Целью является многократное определение одних и тех же визуальных признаков в случае потенциально резких движений камеры. Также для более эффективного сопоставления признаков предполагается, что они лежат на локально планарной поверхности. Нормальный вектор этой поверхности – это вектор от поверхности до камеры при инициализации признака. После получения трехмерного положения признака, включая его глубину, каждый признак хранится как ориентированная планарная текстура. При получении информации (измерений) этих признаков с нового положения камеры эта плоскость проецируется из трехмерного пространства на плоскость изображения для получения шаблона для операции сопоставления шаблонов (англ. *template matching*).

Так как у монокулярной камеры нет способности оценивать глубину признаков и одометрию камеры, алгоритм инициализируется объектом с известным масштабом, что позволяет более точно назначить масштаб карте ориентиров и движению камеры. Также инициализация с известным объектом позволяет алгоритму сразу войти в цикл работы с первого полученного изображения.

После инициализации алгоритма оценка вектора состояний \mathbf{x} происходит с помощью расширенного фильтра Калмана. В качестве модели передвижения камеры используется модель с постоянной скоростью и постоянной угловой скоростью.

Алгоритм PTAM

Главная особенность алгоритма PTAM (англ. *Parallel Tracking and Mapping*) [3], в отличие от MonoSLAM, состоит в том, что отслеживание положения камеры и признаков и построение карты происходит в двух разных потоках, т. е. параллельно. Построение карты основано на ключевых кадрах, которые обрабатываются с использованием метода уравнивания по способу связей (англ. *bundle adjustment*). Карта инициализируется из стереопары, используя пятиточечный алгоритм [4]. Новые точки инициализируются эпиполярным поиском. Карта может хранить большое количество ориентиров (несколько тысяч), в отличие от MonoSLAM, где в целях работы алгоритма в реальном времени на частоте 30 Гц количество ориентиров на карте ограничено несколькими сотнями.

Так как процессы отслеживания положения камеры и построения карты разделены, может быть использован любой способ отслеживания. Построение карты работает в отдельном потоке, поэтому алгоритм отслеживания может производить более точную обработку изображений. Если построение карты работает в отдельном потоке, то нет необходимости использовать каждый полученный кадр с камеры для построения карты, т.к. многие кадры хранят повторяющуюся информацию, особенно если камера не двигается. Из-за этого можно заменить инкрементальное построение карты после каждого полученного кадра на более точный, но требующий больше вычислительной мощности алгоритм уравнивания по способу связей.

Карта состоит из M точечных ориентиров, находящихся в мировой системе координат. Каждый точечный ориентир представляет собой локально-планарную плоскость с текстурой и ее нормаль \mathbf{n} . Карта также содержит N ключевых кадров. Это снимки, снятые камерой в различных точках времени. Каждый ключевой кадр связан с системой координат камеры K_i для i -го ключевого кадра. Преобразование между этой системой координат и мировой системой координат обозначается как E_{K_iW} .

Отслеживание производится в следующем порядке: с камеры получается новый кадр и с помощью модели передвижения оценивается первичное положение камеры. Ориентиры карты проецируются на изображение в соответствии с первичной оценкой положения. Производится поиск небольшого количества, около 50, крупных признаков в изображении. Положение камеры обновляется в соответствии с этими признаками. Производится поиск большого количества, около 1000, более точных признаков. Конечная оценка положения камеры и ориентиров для кадра рассчитывается из всех найденных совпадений признаков.

При начале работы алгоритма карта инициализируется с помощью пятиточечного стереоалгоритма. Для этого пользователю необходимо поместить камеру над рабочим пространством и выполнить шаг инициализации. Во время выполнения этого шага из первого ключевого кадра выделяются около 1000 признаков

для отслеживания. Затем пользователю необходимо плавно сдвинуть камеру на небольшое расстояние и нажать кнопку завершения инициализации. Эти признаки отслеживаются во время плавного перемещения камеры, и нажатие кнопки завершения операции производит второй ключевой кадр и сохраняет информацию о соответствии признаков, которая потом используется пятиточечным стереоалгоритмом и алгоритмом RANSAC для оценки основной матрицы камеры и триангуляции начальной карты. Также производится оценка масштаба карты. При дальнейшей работе алгоритма новые ориентиры добавляются с помощью эпиполярного поиска по новому ключевому кадру и ближайшему (по положению камеры) к этому новому кадру второму кадру. Далее производится уравнивание по способу связок по пяти ключевым кадрам: по новому полученному кадру и четырьмя ближайшим к нему соседним ключевым кадрам.

ORB-SLAM

Особенности алгоритма ORB-SLAM [5]: использование одних и тех же признаков для задач слежения, построения карты, локализации и замыкания циклов. Используемые признаки в алгоритме – ORB-признаки [6]. Данный алгоритм может работать в реальном времени в больших окружениях благодаря использованию графа видимости. Используя граф видимости, отслеживание и построение карты сфокусировано в локально видимой карте, независимо от глобального размера карты. Замыкание циклов в реальном времени основано на оптимизации графа положений, который называется основным графом (англ. *essential graph*). Этот граф строится из остова дерева которое содержится системой, связями замыкания циклов и сильными ребрами графа видимости. Релокализация камеры в реальном времени не зависит от точки обзора камеры и освещения, это позволяет быстро восстанавливаться после ошибок отслеживания. В отличие от PTAM, где пользователю вручную необходимо инициализировать алгоритм, в алгоритме ORB-SLAM инициализация происходит автоматически.

Выбор признаков обусловлен необходимостью релокализации и замыкания циклов в реальном времени, а также способностью распознавать повторно посещенные места. В этих целях были выбраны ORB-признаки, из-за скорости работы и их хорошей инвариантности к выбору точки обзора камеры.

Алгоритм ORB-SLAM имеет три работающих параллельно потока: поток отслеживания, поток локального построения карты и поток замыкания циклов. Поток отслеживания занимается локализацией камеры после каждого полученного кадра и принятием решения, когда отправить новый ключевой кадр потоку локального построения карты. Сопоставление признаков производится по предыдущему кадру, а оптимизация положения производится, при помощи уравнивания по способу связок. При потере отслеживания из-за резких движений камеры или окклюзий используется модуль распознавания мест для глобальной релокализации.

Поток локального построения карты обрабатывает новые ключевые кадры и производит локальное уравнивание для получения оптимальной реконструкции окружения положения камеры. Новые признаки в новом ключевом кадре сопоставляются с признаками соединенных ключевых кадров в графе видимости для триангуляции новых ориентиров. Через некоторое время после создания новых ориентиров, основываясь на информации из потока отслеживания, применяется отсеивание ориентиров для сохранения только высококачественных ориентиров. Этот поток также занимается отсеиванием повторяющихся ключевых кадров.

Поток замыкания циклов занимается поиском циклов с каждым новым ключевым кадром. Если обнаружен цикл, производится расчет трансформации, которая содержит в себе информацию о дрейфе, накопленном в цикле. Затем обе

стороны цикла выравняются, а повторяющиеся точки совмещаются. Затем производится оптимизация графа положений для достижения глобальной согласованности. Оптимизация производится над основным графом, который является разреженной версией графа видимости. Во всех операциях оптимизации используется алгоритм Левенберга – Марквардта.

Заключение

Были рассмотрены три алгоритма, сильно повлиявших на область одновременной локализации и построения карты с использованием монокулярной камеры. Алгоритм MonoSLAM был одним из ранних успешных алгоритмов, который работал в реальном времени на картах, размером с небольшую комнату. Результатами его применения стали интерактивная дополненная реальность в реальном времени, где этот алгоритм использовался для оценки движения камеры в реальном времени из потока изображений с камеры; одновременная локализация и построение карты для робототехнической платформы HRP-2 во время перемещения по загроможденному различными предметами помещению.

Алгоритм PTAM стал первым алгоритмом, в котором отслеживание положения камеры и построение карты были разбиты на два параллельных потока. Он в основном применялся для задач дополненной реальности в небольших помещениях. В дальнейшем этот алгоритм был дополнен улучшенными признаками, оценкой вращения камеры во время отслеживания и улучшенным методом релокализации [7].

Алгоритм ORB-SLAM основывался на работах применения метода уравнивания по методу связей для визуальной одометрии в реальном времени [8] и алгоритме PTAM. Этот алгоритм, основываясь на главных идеях PTAM, добавил модули распознавания мест, замыкание циклов и информацию о видимости в виде графа видимости для работы на больших картах в помещении и на открытом воздухе в реальном времени.

Рассмотренные выше алгоритмы работают на признаках, т. е. являются непрямыми методами. Непрямые методы используют только информацию, соответствующую типу используемого признака. Прямые методы вместо признаков используют информацию о яркости пикселей изображения. Самые яркие представители прямых методов – это LSD-SLAM [9] и DSO [10].

Библиографический список

1. Davison A. J., Reid I. D., Molton N. D., Stasse O., MonoSLAM: Real-time Single Camera SLAM // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2007. Vol. 29. No. 6. Pp. 1052–1067.
2. Shi J., Tomasi C. Good features to Track // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1994. Pp. 593–600.
3. Klein G., Murray D. Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces // IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 2007. Pp. 225–234.
4. Li H., Hartley R. Five-point Motion Estimation Made Easy // IEEE 18th International Conference of Pattern Recognition. 2006.
5. Mur-Artal R., Montiel J. M. M., Tardos J. D. ORB-SLAM: a Versatile and Accurate Monocular SLAM System // IEEE Transactions on Robotics. 2015. Vol. 31. No. 5. Pp. 1147–1163.
6. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: an Efficient Alternative to SIFT or SURF // IEEE International Conference on Computer Vision. 2011. Pp. 2564–2571.

7. Klein G., Murray D. Improving the Agility of Keyframe-based SLAM // European Conference on Computer Vision. 2008. Pp. 802–815.
8. Mouragnon E., Lhuillier M., Dhome M., Dekeyser F., Sayd P. Real Time Localization and 3D Reconstruction // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2006. Vol. 1. Pp. 363–370.
9. Engel J., Schops T., Cremers D. LSD-SLAM: Large-scale Direct Monocular SLAM // European Conference on Computer Vision. 2014.
10. Engel J., Koltun V., Cremers D. Direct Sparse Odometry // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2017.

УДК 621.314

К. А. Кологрив

магистрант кафедры управления в технических системах

А. А. Ефимов – кандидат технических наук, профессор – научный руководитель

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Введение

За последние годы возросли не только мощности электрических систем летательных аппаратов, но и способы генерирования электроэнергии. Технологические достижения в области генерации, коммутации и защиты электроэнергии оказывают влияние на классические электрические системы, существующие в течение многих лет. Это привело к появлению новых устройств, которые способствовали возникновению новых системных концепций и реализации старых, которые ранее не могли быть реализованы, например самолет с преимущественно электрифицированным оборудованием (СПЭО) или *More Electric Aircraft* (MEA). К таким концепциям относятся система 270 В постоянного тока, циклоконвертер, электрическая система управления нагрузкой, которая в зарубежной литературе называется ELMS, и т. д.

Напряжение 27 В постоянного тока было классической электроэнергетической системой с 1940-х по 1950-е годы, типичной для двухмоторного регионального самолета, требующего мощности менее ~12 кВт на канал, но со временем она устарела физически и морально, поэтому в данной статье рассматриваться не будет, как и аварийная система генерирования (рис. 1, е) [1]. Сегодня существует много других типов генерации энергии, их структуры приведены на рис. 1.

Общие требования к системам электроснабжения и нормы качества производимой ими электроэнергии приведены в ГОСТ Р 54073 от 2010 года. Рассмотрим такие системы поподробнее.

Системы постоянной частоты

Система с постоянной частотой (рис. 1, а), или *Constant Frequency* (CF), появилась в 1960-х годах. Она представляет собой трехфазную схему 115 В/400 Гц переменного тока. Система содержит привод постоянной скорости, или *Constant Speed Drive* (CSD), который действует как автоматическая коробка передач, поддерживая скорость вала генератора с постоянной частотой вращения, что приводит к постоянной частоте 400 ± 10 Гц. Привод постоянной скорости соединяет синхронный генератор с двигателем через редуктор. Частота f генерируемого напряжения связана со скоростью N генератора соотношением

$$f = \frac{P \cdot N}{60},$$

где f – выходная частота в Герцах (Гц); N – скорость генератора в оборотах в минуту (об/мин), а P – число пар полюсов. Поддержание постоянной скорости генератора N гарантирует, что выходная частота остается фиксированной [2]. Уменьшение веса системы обеспечивается комбинацией привода и генератора, которые встроены в один блок, тем самым обеспечивая генератор со встроенным приводом, или *Integrated Drive Generator* (IDG) [3]. При этом система постоянной частоты не может допускать внутреннего запуска авиадвигателя по схеме инте-

гированного стартер-генератора. Для получения 27 В постоянного тока во вторичной системе электроснабжения используется трансформаторно-выпрямительный преобразователь.

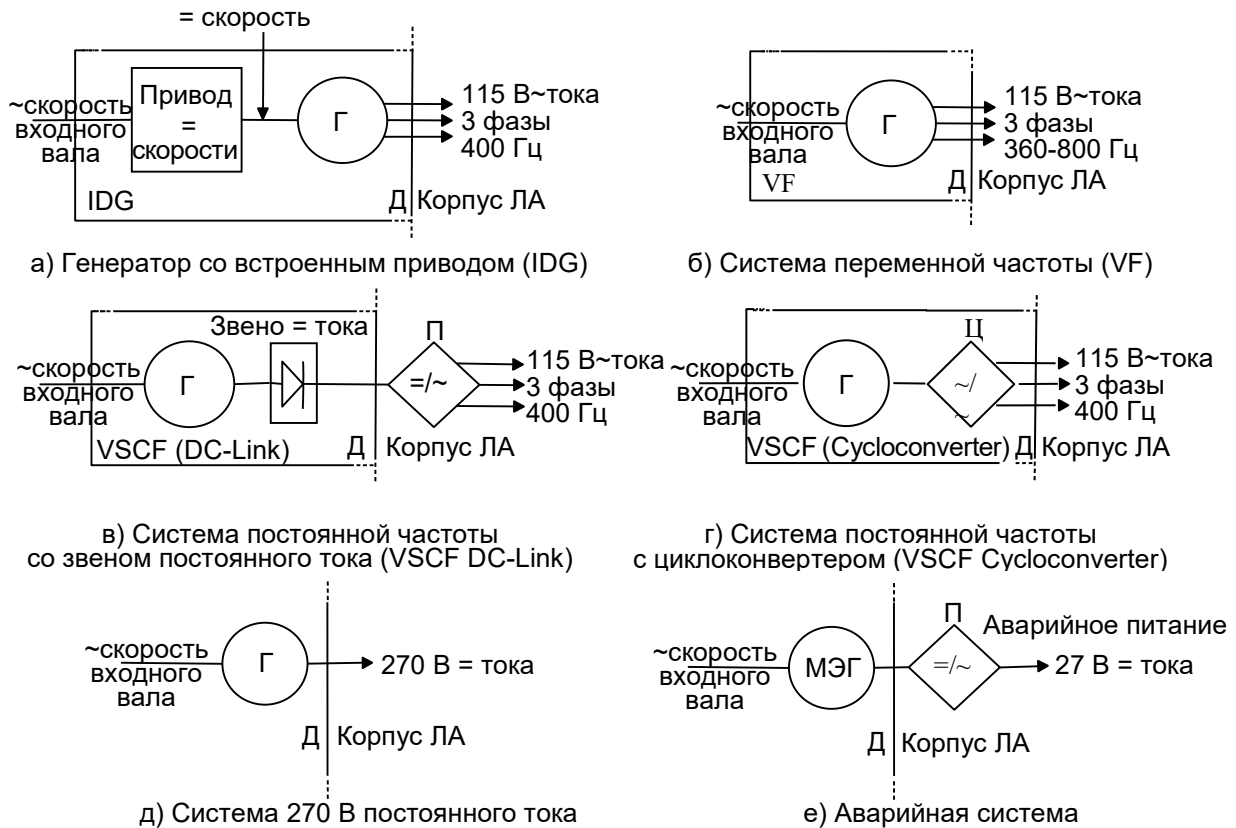


Рис. 1. Типы генерации электроэнергии:

=/~ – постоянный/переменный ток, скорость вала или привода;
 Г – генератор; Д – двигатель; ЛА – летательный аппарат;
 МЭГ – магнитоэлектрический генератор; П – преобразователь;
 Ц – циклоконвертер

Недостатком гидромеханического CSD является то, что его необходимо во время обслуживать для поддержания уровня и чистоты масла, поэтому система должна проверяться перед каждым рейсом, что увеличивает эксплуатационные расходы. Отработанное тепло рассеивается в системе моторного масла, а само масло охлаждается воздухом [4]. Механический редуктор сам по себе ненадежен, неэффективен и дорогостоящ, что снижает общую эффективность системы. Для поддержания высокой надежности могут потребоваться частые капитальные ремонты. Тем не менее IDG используется сегодня для большей мощности на большинстве гражданских воздушных судов, несмотря на то, что сама система дорога для покупки и обслуживания из-за монополии на ее поставку единственной компании (UTC Aerospace Systems). В отечественной авиации данный способ генерации электроэнергии используется, например, в самолетах Ту-154/204, Ан-72/148, Ил-62/76, Су-27, МиГ-29 и в вертолетах Ка-27/50.

Первый летательный аппарат с системой генерирования электроэнергии переменной скорости и постоянной частотой, или *Variable Speed Constant Frequency (VSCF)*, появился в 2000 году, заменив ненадежный элемент постоянной скорости

IDG в системе генерации. В VSCF переменная частота, создаваемая генератором, электронным образом преобразуется полупроводниковыми преобразователями в постоянную частоту 400 Гц напряжением 115В переменного тока. Существуют два варианта реализации данной системы генерации: через звено постоянного тока и через циклоконвертер.

1. Звено постоянного тока, или *Direct Current Link* (DC-Link).

Выход генератора подается на диодные выпрямители, которые преобразуют с использованием сглаживающего фильтра переменное напряжение переменного тока в форму постоянного тока напряжением 270 В. Затем трехфазные инверторы преобразуют постоянный ток в трехфазный тип переменного тока 115 В/400 Гц. Если используется инвертор тока, то в качестве фильтра применяется дроссель L (реактор), который сглаживает входной ток. В противном случае используется инвертор напряжения с применением в фильтре индуктивности L и/или емкости C , которая сглаживает пульсации напряжения на выходе выпрямителя. Во вторичной системе электроснабжения для получения 27 В постоянного тока используется преобразователь (конвертер). Это обычная форма системы переменного тока постоянной частоты со звеном постоянного тока (рис.1, в), которая позволяет значительной части электрической системы самолета использовать электроэнергию независимо от типа тока. Обеспечивается простота регулирования напряжения и выходной частоты. Недавние улучшения в области полупроводниковых преобразователей обеспечили улучшенную производительность в отношении гармоник напряжения, потока реактивной мощности и стабильности системы. Для соответствия норм содержащихся гармоник используются пассивные и активные силовые фильтры [5]. Эта система отличается от системы с циклоконвертером большей надежностью и простотой. Данная система генерирования используется, например, на B737, MD-90, C-145A и B777.

2. Циклоконвертер с постоянной частотой (*VSCF Cycloconverter*).

Система переменного тока постоянной частоты (рис. 1, г) состоит из бесщеточного синхронного генератора и преобразователя частоты. Генератор приводится в действие вспомогательным редуктором и генерирует выходное напряжение переменного тока с переменной частотой и амплитудой, пропорциональной скорости редуктора. Электроэнергия переменной частоты поступает в циклоконвертер, который является 6-импульсным конвертером с трехфазным выходом. Этот преобразователь частоты состоит из 36 тиристоров, т. е. кремниевых управляемых вентилей или, как они еще называются, *Silicon Controlled Rectifier* (SCR), по 12 тиристоров на каждую фазу. Циклоконвертер преобразует непосредственно переменное входное напряжение переменного тока в трехфазное выходное напряжение 115 В с фиксированной амплитудой и частотой 400 Гц переменного тока. Система управления тиристорами состоит из задатчиков амплитуды напряжения и выходной частоты и трехфазного генератора синусоидального напряжения низкой частоты. Отпирающие импульсы, вырабатываемые системой управления и синхронизированные по частоте с напряжением питающей сети, поступают на тиристоры анодной и катодной групп поочередно со сдвигом относительно точки естественной коммутации тиристоров на угол α . Выходное напряжение регулируется изменением угла α задатчиком напряжения, подключенным к системе управления. Частота и фаза выходного напряжения задаются отдельным генератором синусоидального напряжения, частоту которого можно менять с помощью задатчика частоты. Если каждая из тиристорных групп в течение полупериода работает с неизменными значениями углов управления, то входное напряжение сильно искажается и содержит высшие гармоники большой амплитуды. Можно снизить содержание высших гармоник в выходном напряжении и обеспе-

читать синусоидальность выходного напряжения, если углы управления α и β изменять по арккосинусному закону [6]:

$$\alpha = \pi - \beta = \arccos(k \cdot \sin \omega_2 \cdot t),$$

где k – отношение амплитуд напряжения на входе и выходе преобразователя; ω_2 – частота выходного напряжения.

Выходной фильтр нижних частот ослабляет высокочастотную пульсацию выходного напряжения, которая обусловлена коммутацией тиристором, поэтому дисбаланс напряжения в линейных выходных напряжениях ничтожен даже при больших несбалансированных нагрузках [4]. Вторичная система электроснабжения мало чем отличается от подобной в системе постоянной частоты CF.

Циклоконвертер отличается от системы со звеном постоянного тока тем, что фазы генерируются на относительно высоких частотах свыше 3000 Гц и полупроводниковые преобразователи переключаются между этими несколькими фазами predetermined и тщательно контролируемым образом. Задача заключается в том, чтобы электронным способом коммутировать вход и обеспечить три фазы постоянной частотой 400 Гц [4].

Данная система генерирования сложна в контроле управления и реализации и имеет низкий коэффициент мощности, но отличается высокой надежностью, более короткими периодами цикла и является лучшей системой по обеспечению режима стартер-генератора. Также стоит отметить, что с уменьшением коэффициента мощности эффективность выработки энергии циклоконвертером возрастает, а генератор можно прикрепить к двигателю с помощью редуктора с фиксированным коэффициентом поворота за счет того, что выходная частота ниже входной. Особенно часто и успешно система переменного тока постоянной частоты с циклоконвертером применяется на американских военных летательных аппаратах, например в F-18C/D, TR-1, U-2, истребителе-невидимке F-117A, а наиболее новая версия такой системы установлена в F-18E/F. В гражданской авиации пока не используется.

Системы переменной частоты

Система генерации переменной частоты (рис. 1, б), или *Variable Frequency* (VF), появилась в 1990-х годах одновременно с системой управления нагрузкой и резервными генераторами. В такой системе переменное напряжение преобразуется в трехфазное выходное напряжение 115 В переменного тока с изменением частоты в пределах от 360 до 800 Гц. Этот диапазон частот влияет на частотно-чувствительные нагрузки самолета, наиболее очевидно влияние на электродвигатели переменного тока, которые используются во многих системах воздушных судов. Для получения переменного тока частотой 400 Гц во вторичной системе электроснабжения используется преобразователь частоты, а для 27 В постоянного тока – трансформаторно-выпрямительный преобразователь. В рассматриваемой системе генератор подключается непосредственно к валу двигателя, поэтому такая генерация обычно называется встроенной. Прямое подсоединение генератора к валу двигателя снижает скорость отбора мощности вала и соответствующего редуктора, что снижает их размер и вес и повышает надежность. Тем не менее возникнет ряд последствий, если будет внедрена одна или несколько электрических машин в корпусе двигателя:

– размещение встроенных генераторов требует пересмотра конструкции компонентов двигателя, что может изменить структуру компонентов и, вероятно, профиль воздушного потока через двигатель;

– потери тепла в генераторе дают существенную нагрузку на систему охлаждения моторного масла, требуя дополнительного или альтернативного теплообмена;

– если ротор генератора поддерживается только через подшипники основного двигателя, потребность в небольшом воздушном зазоре генератора может привести к обязательной жесткости конструкции двигателя. Последнее необходимо для обеспечения того, чтобы ротор и статор не соприкасались при высоком ускорении;

– передача высоких уровней электрической мощности в/от сердечника двигателя потребовала бы значительных изменений в несущей конструкции сердечника относительно пилона двигателя [7].

Генерация переменного тока с переменной частотой является самой простой, дешевой и надежной формой генерации энергии. Малые габариты, вес, объем и стоимость по сравнению с другими вариантами выработки электроэнергии на самолетах делают эту систему перспективной. Также она предлагает экономичный источник энергии для камбузных нагрузок, которые потребляют много бортовой мощности. Однако система переменной частоты может представлять значительный риск при более высоких уровнях мощности, особенно при высоких нагрузках двигателя [8]. Кроме того, необходимо учитывать затраты на контроллеры двигателей, требуемые из-за изменения частоты питающего напряжения, которую необходимо учитывать. При этом система переменной частоты широко внедряется в сообществе бизнес-джетов. Используется на *Airbus A380*, *A400M* и *Boeing 787*, а *Global Express* использует эту систему генерирования с самого начала эксплуатации.

В последние годы в агентствах военного развития США отстаивается концепция системы 270 В постоянного тока (рис. 1, д). Использование 270 В постоянного тока предоставляет возможность уменьшить размеры токопроводящих проводников, что позволяет соответственно минимизировать вес, падение напряжения и мощность рассеивания. В отечественной науке система 270 В постоянного тока хорошо исследована и промоделирована в работах П. А. Бачурина, К. А. Коробкова, А. С. Хлебникова, А. В. Гейста, Д. В. Макарова, А. Н. Решетникова, А. Г. Гарганеева и С. А. Харитоновна [9, 10, 11]. Система состоит из генератора переменного тока переменной частоты, приводящегося в действие непосредственно через редуктор или без него от авиадвигателя и работающего на выпрямительное устройство, которое может состоять из активного выпрямителя напряжения или активного выпрямителя тока. Активный выпрямитель выполняет функции стабилизатора выходного напряжения и выпрямителя, что позволяет, например, компенсировать при использовании магнитоэлектрического генератора двойное изменение напряжения на его выходе путем изменения глубины модуляции активного выпрямителя и изменения фазы генерируемого входного тока относительно напряжения генератора. Активный выпрямитель также может регулировать коэффициент мощности потребляемой энергии, осуществлять глубокое регулирование выходного напряжения с возможностью его повышения, а благодаря широтно-импульсной модуляции (ШИМ) формировать входной ток синусоидальной формы [9].

Активный выпрямитель напряжения (АВН) обладает хорошими массогабаритными показателями конденсаторов фильтра, высоким значением коэффициента полезного действия, возможностью режима электростартерного запуска и высоким быстродействием за счет высокочастотной ШИМ и параллельных каналов, что позволяет устранить всплески и провалы генерируемого напряжения при работе на импульсную и динамическую нагрузку [11]. Активный выпрямитель то-

ка, так же как и АВН, имеет возможность двустороннего обмена энергией между питающей сетью переменного тока и нагрузкой в цепи постоянного тока и может работать как в выпрямительном, так и в инверторном режиме с рекуперацией энергии в сеть переменного тока [12, 13]. Для питания потребителей переменного тока частотой 400 Гц во вторичной системе электроснабжения используется инверторно-трансформаторный преобразователь (например, активный инвертор тока или напряжения), а для питания потребителей постоянного тока 27 В необходим преобразователь-конвертер.

Однако существует ряд недостатков, связанных с использованием 270 В постоянного тока. Компоненты такой системы дорогие. Кроме того, значительное количество авиационных нагрузок по-прежнему требует 27 В постоянного тока или 115 В переменного тока, а использование такой системы вынуждает полагаться больше на методы изоляции из-за более высоких напряжений, чтобы избежать напряжения пробоя. Высокое напряжение постоянного тока повышает в военных самолетах вероятность пожара в результате боевых повреждений из-за композитных материалов с углеродным волокном. Необходимо проявлять осторожность, чтобы уменьшить риск возникновения дугообразования на больших высотах или в условиях повышенной влажности. Существует также потенциальная смертельная опасность для наземного экипажа во время обслуживания. Все это необходимо учитывать при проектировании [4]. Одна из проблем при переходе на 270 В постоянного тока заключается в том, что по-прежнему существует потребность в обычных напряжениях 115 В переменного тока и 27 В постоянного тока для некоторого оборудования, как сказано ранее. Таким образом, самолет с системой 270 В постоянного тока становится несколько гибридной системой, которая может потерять некоторые из первоначальных преимуществ 270 В постоянного тока. Военные США рассматривали эти технические вопросы в рамках широкого круга финансируемых программ развития технологий. Некоторые из них также направлены на более широкое использование электрической энергии на боевом самолете, возможно, для вытеснения обычных вторичных энергетических и гидравлических энергосистем. Таким образом, реализуется концепция самолета с преимущественно электрифицированным оборудованием и делается шаг в сторону производства полностью электрического самолета.

Принятие системами военного назначения 270 В постоянного тока потребовало разработки семейства устройств защиты от данного номинала фазного напряжения, поскольку обычные автоматические выключатели не могут использоваться при таких высоких напряжениях. Система генерирования 270 В присутствует в тактическом боевом истребителе ВВС США F-22 *Raptor*, A-12, а также в легком вертолете армии США RAH-66 *Comanche*. Система также установлена на самолетах серии X-35A/B/C и X-32A/B/C, а в качестве первичной электрической системы она используется в едином ударном истребителе *Lockheed Martin F-35 Lightning II*.

Примеры применения соответствующих схем генерации в гражданской и военной авиации приведены в таблице. Стоит отметить, что электроэнергетическая система *Boeing 787* отличается от рассмотренных в этой статье систем. Ключевой особенностью является принятие трехфазной электроэнергии 230 В переменного тока по сравнению с трехфазной схемой 115 В переменного тока, которая обычно используется на воздушных судах. В этой же системе, как и в системах 270 В постоянного тока, электрическая энергия преобразуется в энергию напряжением 115 В переменного тока и 27 В постоянного тока для питания устаревшего оборудования, изначально предназначенного для работы с использованием этих напряжений. Увеличение напряжения в два раза уменьшает потери

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

фидера в электрической распределительной системе и позволяет значительно уменьшить электропроводку.

Применение систем генерации электроэнергии

Тип генерации	Гражданская авиация		Военная авиация	
	Модель судна	Мощность канала (кВА)	Модель судна	Мощность канала (кВА)
Генератор со встроенным приводом (IDG)/ Постоянная частота (CF) [115 VAC/400 Hz]	Ан-148	2·30	Ан-72	2·30
	Ил-62	4·40	Ил-76	4·40
	Ил-96	4·60	Су-27	2·30
	Ту-154	3·40	МиГ-29	2·30
	Ту-204	2·90	Ка-27/50	Неизвестно
	B777	2·120	<i>Eurofighter Typhoon</i>	Неизвестно
	A340	4·90		
	B737NG	2·90		
	MD-12	4·120		
	B747	4·120		
	B717	2·40		
	B767-400	2·120		
	Do728	2·40		
<i>Vickers VC10</i>	4·40			
VSCF (Циклоконвертер) [115 VAC/400 Hz]			F18C/D	2·40/45
			F18E/F	2·60/65
			F-117A	2·40/45
			U-2/TR-1	2·65/75
VSCF (Звено постоянного тока) [115 VAC/400 Hz]	B777 (Резервное)	2·20	C-145A <i>Skytruck</i>	2·120
	MD-90	2·75		
Переменная частота (VF) [115 VAC/360-800 Hz]	<i>Global Ex</i>	4·40	<i>Boeing JSF</i>	2·50
	<i>Hawker 4000</i> <i>Horizon</i>	2·20/25	A400M	4·75 [390–620 Hz]
	A380	4·150		
Переменная частота (VF) [230 VAC]	B787	4·250		
Переменная частота (VF) [270 VDC]			<i>F-22 Raptor</i>	2·70
			X-35A/B/C	2·50
			<i>Lockheed-Martin F-35</i>	2·80
			RAH-66 <i>Comanche</i>	2·1,165 [кВт]
			CH-47F <i>Chinook</i>	3·60

Заключение

Современные разработки в силовой электронике и микропроцессорной технике привели к созданию системы генерирования переменного тока постоянной частоты со звеном постоянного тока, сделав ее жизнеспособной альтернативой системе генератора со встроенным приводом [14]. Также электрическая система

VSCF более гибкая по сравнению со своим предшественником, поскольку ее компоненты могут быть распределены по всему самолету, в отличие от механической системы IDG, в которой они неизбежно должны быть расположены близко к двигателю [15].

Преимущества высоковольтной системы постоянного тока заключаются в уменьшении веса, размера и потерь при увеличении уровней передаваемой мощности. Реализовать такую систему стало возможным благодаря достижениям в областях интерфейсных схем, методов управления и систем защиты. При проектировании систем с повышенным напряжением (230 или 400 В переменного тока и 270, 350 или 540 В постоянного тока) следует обеспечивать более высокую степень гальванической защиты. Перечисленные значения высоковольтных систем определяются возможностями распределительного устройства постоянного тока и наличием силовых компонентов.

Библиографический список

1. Corcau J. I., Dinca L. Generation on more electric aircraft on using PEMFC for electrical power // *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*. 2012. Pp. 246–249.
2. Abdel-Hafez Ahmed. Power Generation and Distribution System for a More Electric Aircraft – a Review // *Recent Advances in Aircraft Technology*, Dr. Ramesh Agarwal (Ed.). 2012. Pp. 289–308.
3. Vadher V. V., Smith I. R., Williams S. Mathematical Modeling of a VSCF Aircraft Generating System // *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.* 1986. Pp. 573–582.
4. Moir Ian, Seabridge Allan. *Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration* // Third Edition, John Wiley & Sons Ltd. 2008. 536 p.
5. Eid A., Abdel-Salam M., El-Kishky H., El-Mohandes T. // *Active Power Filters for Harmonics Cancellation in Conventional and Advanced Aircraft Electric Power Systems* // *Electric Power Systems Research*. 2009. Pp. 80–88.
6. Розанов Ю. К., Рябчицкий М. В., Кваснюк А. А. *Силовая электроника: учебник для вузов*. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 632 с.
7. Raimondi C., Sawata T., Holme M., Barton A., White G., Coles J., Mellor P. & Sidell N. Aircraft embedded generation systems. *Proceeding of International Conference on Power Electronics, Machines and Drives*. 2002. Pp. 217–222.
8. Abdel-Hafez Ahmed, A & Forsyth A. J. A Review of More-Electric Aircraft. *Proceedings of The 13rd international conference on Aerospace Science and Aviation Technology conference*, Cairo, Egypt. 2009. Paper: ASAT-13-EP-01.
9. Бачурин П. А., Гейст А.В., Коробков К. А., Макаров Д. В., Решетников А. Н., Харитонов С. А. Система генерирования электрической энергии постоянного тока на базе магнитоэлектрического генератора и активного выпрямителя // *Научный вестник НГТУ*. Том 59. № 2. 2015. С. 43–58.
10. Бачурин П. А., Коробков К. А., Харитонов С. А., Хлебников А. С. Система электропитания постоянного тока с магнитоэлектрическим генератором // *Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. Спецвыпуск*. Том 1. 2014. С. 185–192.
11. Гарганеев А. Г., Харитонов С. А. Перспективные системы электроснабжения самолета с полностью электрифицированным оборудованием // *Доклады ТУСУРа*. № 2 (20). 2009. С. 185–192.
12. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. УРО РАН, 2000. 653 с.
13. Ефимов А. А., Шрейнер Р. Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока. Изд-во НГТИ, 2001. 250 с.

14. Eid A., El-Kishky H., Abdel-Salam M., El-Mohandes T. On Power Quality of Variable Speed Constant Frequency Aircraft Electric Power Systems // IEEE Trans. Power Delivery. 2010. Pp. 55–65.

15. Abdel-Fadil Reyad, Eid Ahmad, Abdel-Salam Mazen. Electrical Distribution Power Systems of Modern Civil Aircrafts. 2nd International Conference on Energy Systems and Technologies, Cairo, Egypt. 2013. Pp. 201–210.

УДК 621.3.051

А. Ю. Комендантов, В. Д. Богданов

студенты кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**О. Б. Чернышева** – старший преподаватель – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ *SMART GRID* В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Технология *Smart Grid*

Сегодня перед человечеством встает все больше проблем, связанных с качественным и количественным обеспечением электроэнергией. Ситуация требует от лидеров принятия быстрых и эффективных решений, которые смогли бы вывести мировую энергетику на совершенно новый уровень развития. Инновационная технология должна преследовать несколько основных задач, а именно: обеспечить потребителей достаточным количеством электроэнергии первоклассного уровня, снизить затраты на производство и передачу энергии, оперативно реагировать на любые изменения в сети и, самое главное, сделать систему экологичной, используя в процессе производства электричества только возобновляемые ресурсы. Уже сегодня западными специалистами разработана и активно внедряется технология *Smart Grid*.

В России об этой технологии знают немногие, поскольку пока ее работа описана только на бумаге, в проекте развития российской энергетики до 2030 года. А вот западные мировые лидеры по производству и потреблению электроэнергии уже не только осознали все плюсы технологии, но и перешли от теоретического этапа к практическому. Так, например, 95% итальянцев уже сейчас пользуются преимуществами системы *Smart Grid*, экономя миллионы евро, в год и сотни киловатт энергии. Другие страны, такие как США, Норвегия, Франция, Испания и т. д., планируют внедрить новую технологию до 2020 года.

Так что же представляет собой технология *Smart Grid*, в чем заключается ее эффективность и привлекательность для мирового энергетического сообщества? *Smart Grid*, по сути, это высокотехнологичные интеллектуальные сети. Они способны не только эффективно распределять электричество, передавая его от производителя к потребителю, но и, соответственно, проводить мониторинг: в каком количестве и куда необходимо направить ресурс, также оценивая, когда тот или иной расход электроэнергии будет для пользователя наиболее выгодным. Благодаря этому *Smart Grid* еще называют системой умного учета электроэнергии, или, попросту говоря, умными счетчиками, которые устанавливаются на всех уровнях системы, в том числе в домах и квартирах потребителей. Таким образом, эта технология превращается в единый интеллектуальный комплекс с единой умной системой энергоснабжения, работающей без потерь, простоя и перебоев.

В России идея *Smart Grid* в настоящее время выступает в качестве концепции интеллектуальной активно-адаптивной сети, которой присущи следующие признаки:

- насыщенность сети активными элементами, позволяющими изменять топологические параметры сети;
- большое количество датчиков, измеряющих текущие режимные параметры для оценки состояния сети в различных режимах работы энергосистемы;

- система сбора и обработки данных (программно-аппаратные комплексы), а также средства управления активными элементами сети и электроустановками потребителей;

- наличие необходимых исполнительных органов и механизмов, позволяющих в режиме реального времени изменять топологические параметры сети, а также взаимодействовать со смежными энергетическими объектами;

- средства автоматической оценки текущей ситуации и построения прогнозов работы сети;

- высокое быстродействие управляющей системы и информационного обмена.

Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» в качестве приоритетных направлений научно-технического прогресса в электроэнергетике выделяются следующие:

- создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе России (интеллектуальные сети *Smart Grid*);

- использование низкотемпературных сверхпроводниковых индукционных накопителей электрической энергии для электрических сетей и гарантированного электроснабжения ответственных потребителей;

- широкое развитие распределенной генерации;

- развитие силовой электроники и устройств на ее основе, прежде всего различного рода сетевых управляемых устройств (гибкие системы передачи переменного тока – FACTS);

- создание высокоинтегрированного информационно-управляющего комплекса оперативно-диспетчерского управления в режиме реального времени с экспертно-расчетными системами принятия решений;

- создание высоконадежных магистральных каналов связи между различными уровнями диспетчерского управления и дублированных цифровых каналов обмена информацией между объектами и центрами управления;

- создание и широкое внедрение централизованных систем противоаварийного управления, охватывающих все уровни Единой энергетической системы России;

- создание автоматизированных систем управления спросом на электроэнергию;

- создание водородных систем аккумулирования энергии и покрытия неравномерностей графика нагрузки.

Подтверждением намерений строить и развивать в России интеллектуальную энергетику служит утверждение приоритетности данного направления на уровне Президента и Правительства, а также включение расходов на интеллектуализацию сетей в инвестиционную программу ОАО «ФСК ЕЭС». Очевидно, что на концептуальном уровне кардинальных противоречий между западным и отечественным взглядами на развитие интеллектуальных сетей нет.

В настоящее время идет разработка концепции построения умных сетей, а также реализация проектов по внедрению на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» отдельных элементов умных сетей:

- установка СТАТКОМ (статический преобразователь реактивной мощности на базе преобразователя напряжения) на ПС 400 кВ «Выборгская»;

- установка управляемых шунтирующих реакторов на ПС 50 кВ «Таврическая», «Барабинская», «Иртыш»;

- установка статического тиристорного компенсатора и конденсаторных установок на ПС 500 кВ «Ново-Анжерская».

УДК 331.45

Ю. А. Консон

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. И. Савельев – кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА СБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Долгие годы основной задачей сборочного производства является его автоматизация. Основная причина этого – необходимость уменьшения влияния человеческого фактора на процесс работы. Одной из основных задач инженеров сборочного производства является модернизация манипуляторов, чтобы они смогли полностью заменить оператора. Тем не менее полностью исключить человека из сборочного процесса по-прежнему невозможно. В связи с этим принимаются активные меры по усовершенствованию и упрощению пользования различными манипуляторами для эффективной и безопасной работы человека [2]. Ведется работа над усовершенствованием эргономики в зоне работы человека для дальнейшего избежания несчастных случаев и производственных травм. Большинство крупных заводов-производителей имеют несколько филиалов по всему миру, и все они конкурируют между собой по различным параметрам, одним из которых как раз и является количество травм, полученных на заводе.

Существует установленный ГОСТ, который регулирует, сколько килограммов человек может поднимать или перемещать во время смены (см. таблицу) [1]. Данная таблица была составлена в связи с регулярным несоблюдением норм на производстве в прошлом. В настоящее время данный ГОСТ четко соблюдается, ведь при травме сотрудника компания обязана выплатить ему некоторую сумму. Более того, данные правила соблюдаются во избежание судебных исков.

Оптимальные и допустимые величины показателей тяжести
и напряженности факторов трудового процесса

Факторы трудового процесса	Оптимальные		Допустимые	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час), кг	до 15	до 5	до 30	до 10
2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены, кг	до 5	до 3	до 15	до 7
3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, кг: с рабочей поверхности, с пола	до 250 до 100	до 100 до 50	до 870 до 435	до 350 до 175

Если норма поднятия тяжестей соблюдается очень внимательно, то обеспечению безопасности по-прежнему есть куда стремиться. Технологии не стоят на месте, и с каждым годом появляется все большее число датчиков с различным принципом действия: начиная от датчиков давления и заканчивая ультразвуковыми датчиками. Безусловно, такие используются и сейчас, но после появления коллаборативной робототехники настал момент усовершенствовать и этот этап

работы, что и произошло. В настоящий момент многие компании стремятся создать свой собственный способ обезопасить человека. Зачастую это происходит за счет создания специализированного программного обеспечения.

Рассмотрим пример. В компании ABB была создана платформа *SafeMove* [3]. В данной системе применяются датчики, которые обычно используются для контроля положения вала двигателя. Положение робота вычисляется на основании данных этих датчиков, но для вычисления используется отдельный компьютер, независимый от контроллера робота и предназначенный для работы в противоаварийных системах. Помимо этого, сигналы датчиков проверяются на достоверность. Уровень безопасности можно повысить еще больше, если использовать отдельную модель механической части робота и дополнительный логический контроль в контуре управления сервоприводами. И хотя система *SafeMove* представляет собой независимый компьютер, входящий в состав системы управления промышленными роботами IRC5, пользователь не воспринимает его как отдельное устройство. На флеш-диске контроллера записываются события, аварийные сигналы и изменения состояния. Состояние входов и выходов системы обеспечения безопасности может считываться так же, как и состояние других входов и выходов, а затем использоваться в программе робота. При этом гальваническая связь между обеими системами входов и выходов отсутствует, а связь системы *SafeMove* с устройством управления IRC5 осуществляется через внутреннюю сеть.

Тем не менее на сборочном производстве находят применение и те, и другие датчики с одинаковым успехом. Все зависит от места на производстве, близости человека, т. е. возможной автономности и редкого попадания человека в поле датчика и, конечно же, от стоимости. Потому что окупаемость таких предметов стоит на первом месте при внедрении.

Библиографический список

1. СП. 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. Санитарно-эпидемиологические правила.
2. Консон Ю. А. Манипулятор на сборочном автомобильном производстве // Завалишинские чтения '2016. Молодежная секция. СПб.: 2016. С. 66–69.
3. *SafeMove2*. Protecting operators and enhancing robot safety. URL: <http://new.abb.com/products/robotics/controllers/irc5/irc5-options/safemove-2>. (дата обращения: 05.03.2018).

УДК 004.35+004.42

К. Д. Крестовников

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. В. Кондратков

студент кафедры электромеханики и робототехники

А. И. Савельев – кандидат технических наук, старший преподаватель – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО МОДУЛЯ ESP32-WROOM

Современные микропроцессорные устройства разнообразны как с технической, так и с ценовой точки зрения. Однако большинство модулей не обладают необходимыми качествами либо имеют недопустимо большие габариты или цену. В данной статье проведено исследование микроконтроллера ESP32 в виде модуля ESP32-WROOM от *Espressif*.

Данный модуль имеет микропроцессорную ON-CHIP-систему, где на одном кристалле размещено множество необходимых устройств, а также процессор имеет достаточно хорошие характеристики:

Память и ЦПУ

Двухядерный 32-битный микропроцессор Xtensa LX6 160–240 МГц

ОЗУ – 520 Кб

ПЗУ – 448 Кб

Дополнительно RTC-таймер с 16 Кб ОЗУ

Внешняя флеш-память 4–16 Мб

Питание 2,2–3,6 В

WiFi и Bluetooth

WiFi 802.11n 2,4 Гц с максимальной скоростью 150 Мбит/сек

WPA)/WPA2/WPA2-Enterprise/Wi-Fi Protected Setup (WPS

Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE

Периферия

12-битный АЦП на 18 портах

8-битный ЦАП на 2 портах

10 портов в режиме сенсорных кнопок

Встроенный температурный датчик

4×SPI

2×IS1

2×I2C

3×UART

1 порт приема данных (SD/eMMC/SDIO)

1 порт (SDIO/SPI)

Ethernet MAC-интерфейс с поддержкой DMA and IEEE 1588

Шина CAN 2.0

IR (TX/RX)

До 16 каналов ШИМ

Датчик Холла

Аналоговый предусилитель с низким показателем шума.

Внешний вид модуля представлен на рис. 1. Распиновка модуля приведена на рис. 2.

затем качаем архив компилятора отсюда:

для 32-bit:

<https://dl.espressif.com/dl/xtensa-esp32-elf-linux64-1.22.0-61-gab8375a-5.2.0.tar.gz>

для 64-bit:

<https://dl.espressif.com/dl/xtensa-esp32-elf-linux64-1.22.0-61-gab8375a-5.2.0.tar.gz>.

Устанавливаем компилятор:

```
sudo mkdir /opt/Espressif
sudo chmod a+rw /opt/Espressif
cd /opt/Espressif
tar -xzf ~/Downloads/xtensa-esp32-elf-linux64-1.22.0-61-gab8375a-5.2.0.tar.gz.
```

Должна появиться папка xtensa-esp32-elf. Затем качаем esp-idf.

```
git clone --recursive https://github.com/espressif/esp-idf.git,
```

появится соответствующая папка.

Для начала работы скачаем подготовленный темплейт проект:

```
cd ~
git clone https://github.com/espressif/esp-idf-template.git myapp
cd myapp.
```

Чтобы собрать проект, сначала надо настроить окружение:

```
cd ~/myapp
export PATH=/opt/Espressif/xtensa-esp32-elf/bin:$PATH
export IDF_PATH=/opt/Espressif/esp-idf.
```

Теперь подключаем плату, включаем питание и смотрим, на каком порту она появилась (у меня это /dev/ttyUSB3). Запускаем конфигуратор:

```
make menuconfig.
```

Заходим в «Serial flasher config» и устанавливаем «Default serial port» на порт платы. Можно еще посмотреть другие настройки.

Все, сохраняем и выходим.

Компилируем:

```
make.
```

Если нет ошибок, заливаем на плату:

```
make flash.
```

2. Настройка *Arduino IDE* для ESP32 *Ubuntu*.

Для начала необходимо скачать и установить последнюю версию *Arduino IDE*.

Затем в терминале прописать (просто скопировать и вставить) следующие инструкции:

```
sudo usermod -a -G dialout $USER && \
```

```

sudo apt-get install git && \
wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py && \
sudo python get-pip.py && \
sudo pip install pyserial && \
mkdir -p ~/Arduino/hardware/espessif && \
cd ~/Arduino/hardware/espessif && \
git clone https://github.com/espessif/arduino-esp32.git esp32 && \
cd esp32/tools/ && \
python get.py.

```

Перезапустить *Arduino IDE*.

В списке плат появятся новые, а в директории *Arduino* можно будет найти библиотеки и примеры для них.

Для удобной работы с данным модулем желательно иметь плату расширения, на которой выведены пины для удобного размещения модуля на макетной плате, также плата расширения имеет USB-порт и преобразователь на *cp2102* для связи с ПК, плюс преобразователь 5 В–3,3 В для питания модуля. Принципиальная схема платы расширения, разработанная в среде *Eagle*, представлена на рис. 3, внешний вид платы – на рис. 4.

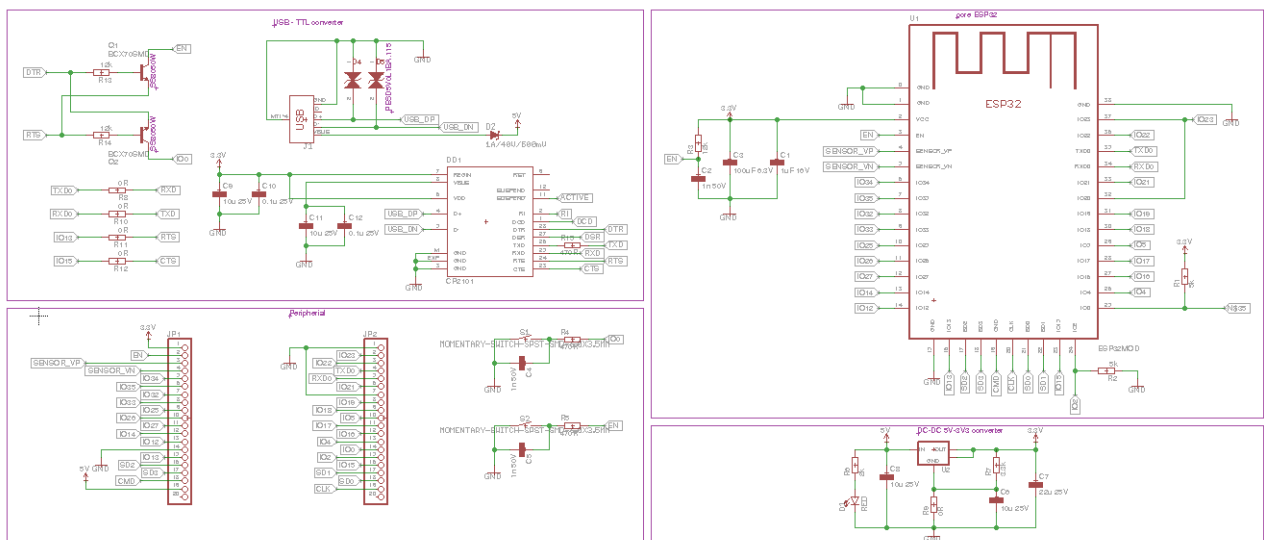


Рис. 3. Принципиальная схема платы расширения для ESP32

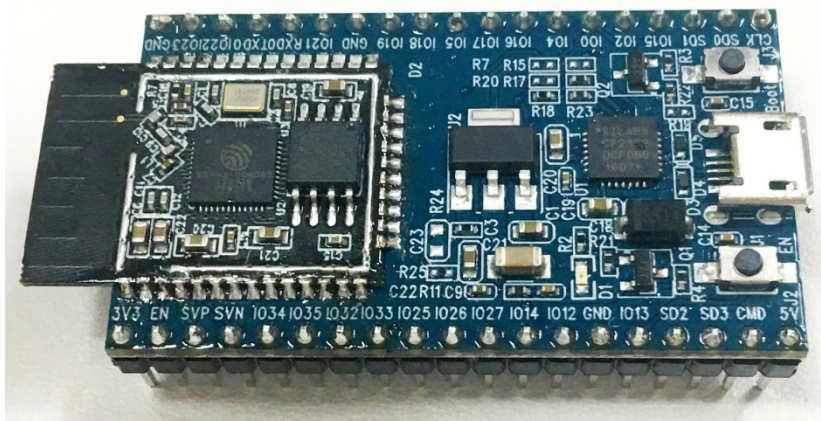


Рис. 4. Внешний вид официальной платы расширения от *Espressif*

В процессе исследования данной микропроцессорной системы были проведены эксперименты по сборке различных тестовых схем и их программированию, в ходе которых удалось добиться двухстороннего обмена данными по Wi-Fi. В качестве примера приведен код программы, которая обеспечивает считывание данных с датчика температуры DHT22 и последующую обработку и хранение на микросервере, работающем на ESP32. Доступ к данным возможен при подключении к IP-адресу платы по Wi-Fi. Код программы и результаты работы указаны далее.

Подключение и работа с датчиком DHT22 (рис. 5).

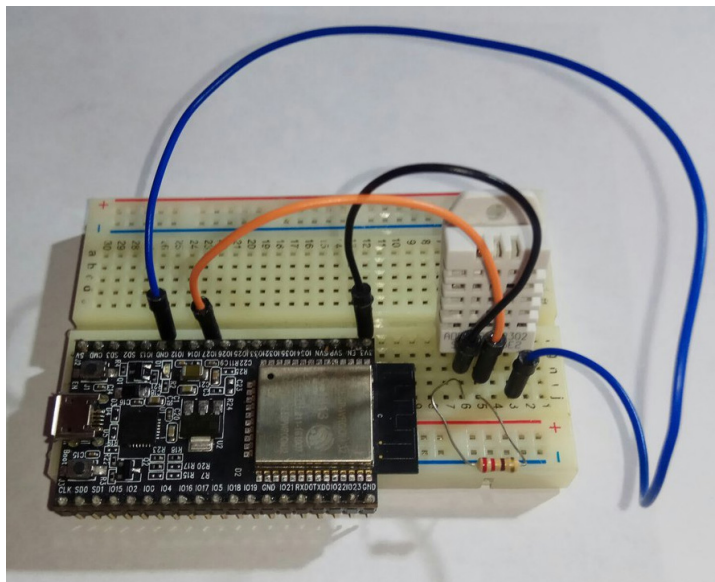


Рис. 5. Подключение датчика DHT22 к ESP32

Код программы, реализованный в среде *Arduino IDE*:

```
#include <WiFi.h>
#include "DHT.h"

#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321

// данные о WiFi-сети:
const char* ssid = "Wi-Fi";
const char* password = "Password";

WiFiServer server(80);

// задаем контакт для датчика DHT:
const int DHTPin = 27;
// создаем экземпляр класса для датчика DHT:
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);

// временные переменные:
static char celsiusTemp[7];
static char fahrenheitTemp[7];
static char humidityTemp[7];

// клиентские переменные:
char linebuf[80];
int charcount=0;
```

```
void setup() {
  // инициализируем датчик DHT:
  dht.begin();

  // запускаем последовательную коммуникацию и ждем открытия порта:
  Serial.begin(115200);
  while(!Serial) {
    ; // ждем подключения последовательного порта
  }

  // начинаем с подключения к WiFi-сети:
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to "); // "Подключаемся к "
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  // пробуем подключиться к WiFi-сети:
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    // подключаемся к сети с шифрованием WPA/WPA2;
    // если это открытая сеть или сеть с шифрованием WEP,
    // то эту строчку нужно поменять:
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected"); // "Подключились к WiFi-сети"
  Serial.println("IP address: "); // "IP-адрес: "
  Serial.println(WiFi.localIP());

  server.begin();
}

void loop() {
  // прослушиваем входящих клиентов:
  WiFiClient client = server.available();
  if (client) {
    Serial.println("New client"); // "Новый клиент"
    memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
    charcount=0;
    // HTTP-запрос заканчивается пустой строкой:
    boolean currentLineIsBlank = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();
        Serial.write(c);
        // считываем HTTP-запрос символ за символом:
        linebuf[charcount]=c;
        if (charcount<sizeof(linebuf)-1) charcount++;
        if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
```

```

// данные от датчика могут запаздывать на 2 секунды
float h = dht.readHumidity();
// считываем температуру в Цельсиях
float t = dht.readTemperature();
// считываем температуру в Фаренгейтах:
float f = dht.readTemperature(true);
// проверяем, корректны ли данные,
// и если нет, то выходим и пробуем снова:
if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    // "Не удалось прочесть данные
    // с датчика DHT!"
    strcpy(celsiusTemp, "Failed");
    strcpy(fahrenheitTemp, "Failed");
    strcpy(humidityTemp, "Failed");
}
else{
    // рассчитываем температуру (в Цельсиях и Фаренгейтах)
    // и влажность:
    float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
    dtostrf(hic, 6, 2, celsiusTemp);
    float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
    dtostrf(hif, 6, 2, fahrenheitTemp);
    dtostrf(h, 6, 2, humidityTemp);
}
// отправляем стандартный заголовок HTTP-запроса:
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
// после завершения запроса соединение будет отключено:
client.println("Connection: close");
client.println();
client.println("<!DOCTYPE HTML><html><head><meta name=\"viewport\"
content=\"width=device-width, initial-scale=1\">");
client.println("<meta http-equiv=\"refresh\" content=\"30\"></head>");
client.println("<body><div style=\"font-size: 3.5rem;\"><p>ESP32
DHT</p><p>");
if(atoi(celsiusTemp)>=25){
    client.println("<div style=\"color: #930000;\">");
}
else if(atoi(celsiusTemp)<25 && atoi(celsiusTemp)>=5){
    client.println("<div style=\"color: #006601;\">");
}
else if(atoi(celsiusTemp)<5){
    client.println("<div style=\"color: #009191;\">");
}
client.println(celsiusTemp);
client.println("<*</p><p>");
client.println(fahrenheitTemp);
client.println("<*</p></div><p>");
client.println(humidityTemp);
client.println("<%</p></div>");

```



```
client.println("</body></html>");
break;
}
if (c == '\n') {
  // начинаем новую строку:
  currentLineIsBlank = true;
  memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
  charcount=0;
} else if (c != '\r') {
  // если в текущей строке есть какой-нибудь символ...
  currentLineIsBlank = false;
}
}
}
// даем веб-браузеру время на получение данных:
delay(1);

// закрываем соединение:
client.stop();
Serial.println("client disconnected"); // "Клиент отключен: "
}
}
```

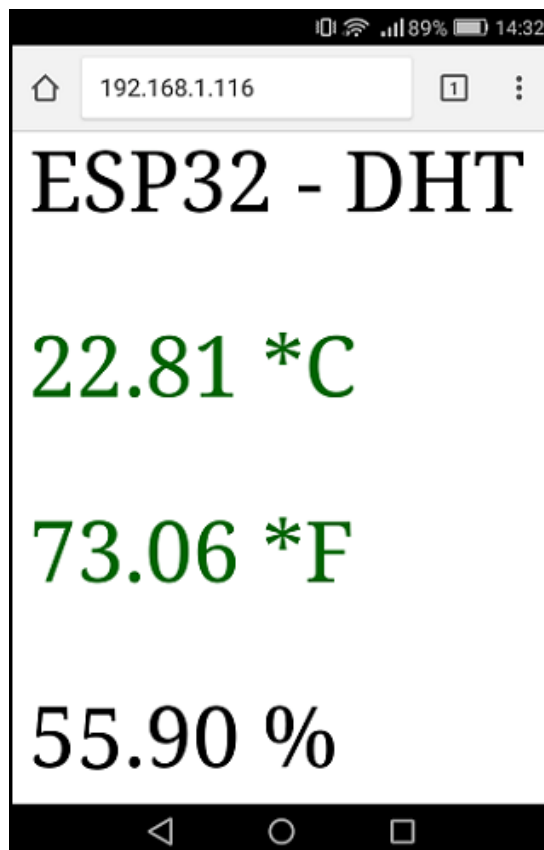


Рис. 6. Скриншот страницы микроконтроллера с данными от датчика

Также были проведены тесты по приему данных на примере управления светодиодами через Wi-Fi, код и результаты представлены далее (рис. 7).

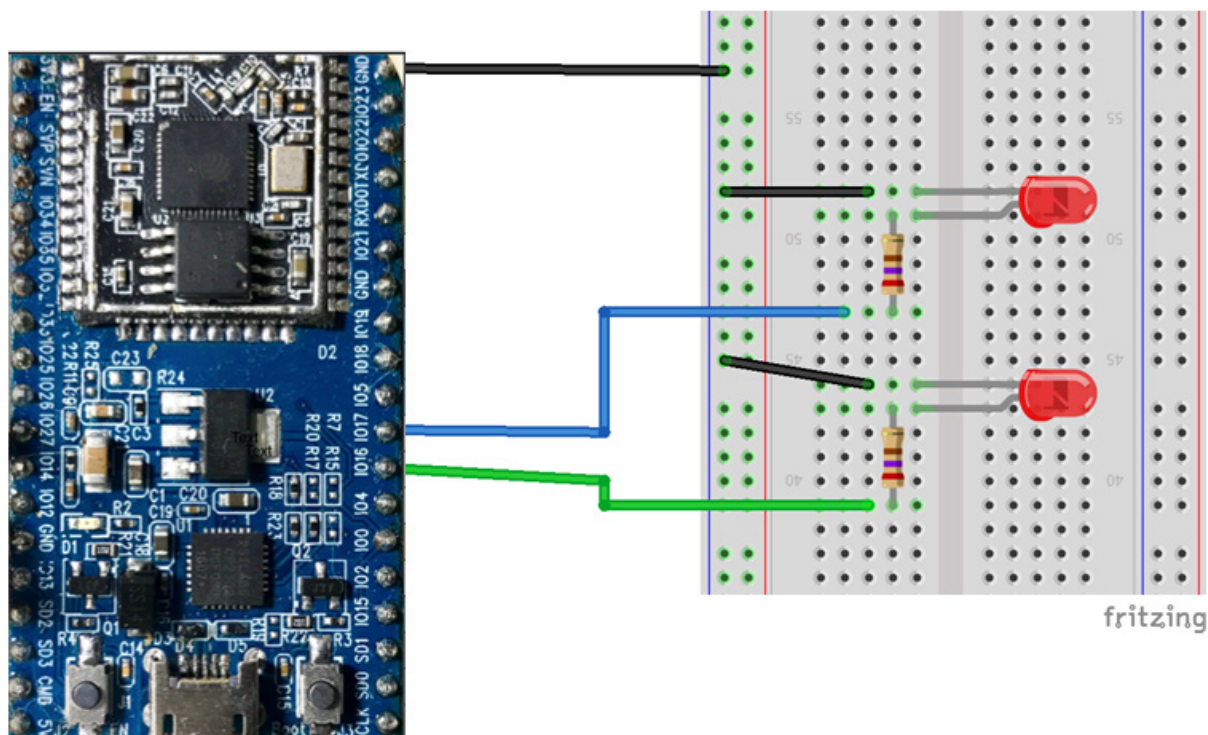


Рис. 7. Подключение светодиодов к ESP32

Подключение и работа с модулем в качестве WEB-сервера.

Код программы, реализованный в среде *Arduino IDE*:

```
#include <WiFi.h>
```

// замените значения в этих константах на те, что соответствуют вашей сети:

```
const char* ssid = "WI-FI";
```

```
const char* password = "PASSWORD";
```

```
WiFiServer server(80);
```

```
const int led1 = 16; // контакт для первого светодиода
```

```
const int led2 = 17; // контакт для второго светодиода
```

// переменные для клиента:

```
char linebuf[80];
```

```
int charcount=0;
```

```
void setup() {
```

// инициализируем контакты для светодиодов и выставляем их в режим OUTPUT:

```
pinMode(led1, OUTPUT);
```

```
pinMode(led2, OUTPUT);
```

// инициализируем последовательную коммуникацию и ждем открытия порта:

```
Serial.begin(115200);
```

```
while(!Serial) {
```

```
;
```

// ждем подключения последовательного порта

```
}
```

```

// начинаем с подключения к WiFi-сети:
Serial.println();
Serial.println();
Serial.print("Connecting to ");// "Подключаемся к "
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

// пытаемся подключиться к WiFi-сети:
while(WiFi.status() !=WL_CONNECTED) {
// подключаемся к сети WPA/WPA2; поменяйте эту строчку,если используете открытую или WEP-сеть:
delay(500);
Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");// "Подключение по WiFi выполнено"
Serial.println("IP address: ");// "IP-адрес: " Serial.println(WiFi.localIP());
server.begin();
}
void loop() {
// анализируем канал связи, высматривая входящих клиентов:
WiFiClient client = server.available();
if (client) {
Serial.println("New client");// "Новый клиент"
memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
charcount=0;
// HTTP-запрос заканчивается пустой строкой:
boolean currentLineIsBlank = true;
while (client.connected()) {
if (client.available()) {
char c = client.read();
Serial.write(c);
// считываем HTTP-запрос символ за символом:
linebuf[charcount]=c;
if (charcount<sizeof(linebuf)-1) charcount++;
// если добрались до конца строки (т. е. получили символ новой строки)
и строка пуста, значит, HTTP-запрос закончился; следовательно, можно отправлять ответ:
if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
// отправляем стандартный заголовок HTTP-ответа:
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
// "Тип контента: text/html"
client.println("Connection: close");
// "Соединение: отключено";
// после отправки ответа связь будет отключена
client.println();
client.println("<!DOCTYPE HTML><html><head>");
client.println("<meta name='viewport' content='width=device-width, initial-scale=1'></head>");

```

```

        client.println("<h1>ESP32 - Web Server</h1>");
        client.println("<p>LED #1 <a href='\"on1\"'><button>ON</button></a>&nbsp;<a
href='\"off1\"'><button>OFF</button></a></p>");
        client.println("<p>LED #2 <a href='\"on2\"'><button>ON</button></a>&nbsp;<a
href='\"off2\"'><button>OFF</button></a></p>");
        client.println("</html>");
        break;
    }
    if (c == '\n') {
        // начинаем новую строку:
        currentLineIsBlank = true;
        if (strstr(linebuf,"GET /on1") > 0){
            Serial.println("LED 1 ON");
            digitalWrite(led1, HIGH);
        }
        else if (strstr(linebuf,"GET /off1") > 0){
            Serial.println("LED 1 OFF");
            digitalWrite(led1, LOW);
        }
        else if (strstr(linebuf,"GET /on2") > 0){
            Serial.println("LED 2 ON");
            digitalWrite(led2, HIGH);
        }
        else if (strstr(linebuf,"GET /off2") > 0){
            Serial.println("LED 2 OFF");
            digitalWrite(led2, LOW);
        }
        // начинаем новую строку:
        currentLineIsBlank = true;
        memset(linebuf,0,sizeof(linebuf));
        charcount=0;
    }
    else if (c != '\r')
    {
        // в строке попался новый символ:
        currentLineIsBlank = false;
    }
}
}
// даем веб-браузеру время, чтобы получить данные:
delay(1);
// закрываем соединение:
client.stop();
Serial.println("client disconnected"); // "клиент отключен"
}
}

```

данные примеры были реализованы в среде *Arduino IDE*.

Данный микропроцессор может управляться ОС *Free RTOS*, однако в этом направлении исследования проведены не были.

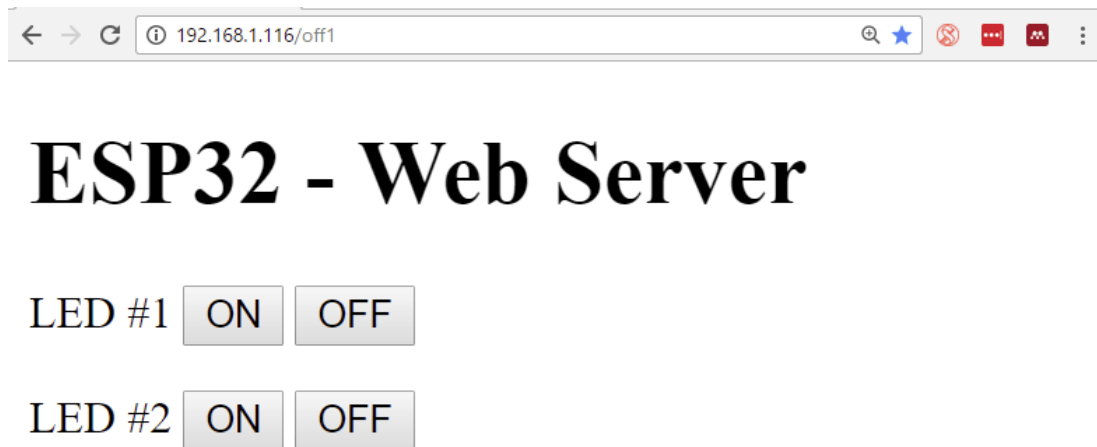


Рис. 8. Скриншот рабочей страницы ESP32

В ходе исследования были выявлены некоторые ошибки библиотек для *Arduino IDE*, однако они были поправимы и не критичны. В настоящее время ведется разработка модульной системы управления киберфизическим пространством на основе данного микропроцессора, устанавливаемой на DIN-рейку, что обеспечит гибкость системы и простоту ее установки.

Библиографический список

1. The Internet of Things with ESP32. URL: <http://esp32.net>.
2. Arduino core for the ESP32. Wi-Fi chip. URL: <https://github.com/espressif/arduino-esp32>.
3. Overview ESPR. URL: <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>.
4. Digital-output relative humidity. URL: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>.
5. Fritzing. URL: fritzing.org/.

УДК 681.7.08

А.С. Куделин

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Основную часть информации о внешнем мире человек получает с помощью зрения и далее обрабатывает полученную информацию при помощи аппарата анализа и интерпретации визуальной информации. Поэтому еще в прошлом веке встал вопрос о возможности машинной реализации данного процесса.

Машинное зрение – это научное направление в области искусственного интеллекта, в частности робототехники, и связанные с ним технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека.

Необходимость в машинном зрении возникает в ситуациях, связанных с риском для жизни, и бывает обусловлена особенностями человека, которому свойственно быстро утомляться, пропускать через себя ограниченный объем информации, а также обрабатывать данные с относительно низкой скоростью. Разработчики в области компьютерного зрения сегодня решают непростые задачи. Можно сказать, что область компьютерного зрения имеет недолгую по меркам фундаментальных наук, но очень бурную историю зарождения и развития (рис. 1).



Рис. 1. Основные функции машинного зрения

История развития машинного зрения

История компьютерного зрения как науки берет свой отсчет с 50-х гг. XX века. Именно в этот период компьютеры начали становиться общедоступным средством обработки и анализа информации.

В истории развития машинного зрения можно выделить следующие важные годы: в 1958 г. ученый Фрэнк Розенблатт из университета Корнелля создал компьютерную реализацию перцептрона – математическую или компьютерную модель восприятия информации мозгом (кибернетическая модель мозга). Это устройство моделировало схему распознавания образов человеческим мозгом. Аппаратный

вариант Mark I Перцептрон был построен в 1960 г. и предназначался для распознавания зрительных образов (рис. 2) [1].

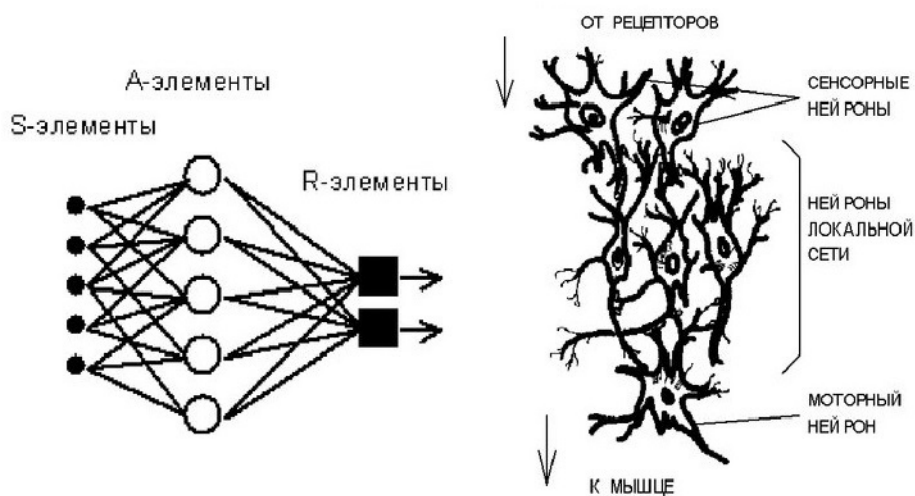


Рис. 2. Перцептрон Розенблатта

К началу 60-х гг. задачи компьютерного зрения в основном охватывали область космических исследований, требовавших обработки большого количества цифровой информации. В 1970-е гг. Лауренс Робертс выдвинул концепцию машинного построения трехмерных образов объектов на основе анализа их двумерных изображений. Начали развиваться различные подходы к распознаванию объектов на изображении, например: структурные, признаковые и текстурные.

В 1979 г. профессор Ганс-Хельмут Нагель из Гамбургского университета заложил основы теории анализа динамических сцен для распознавания движущихся объектов в видеопотоке.

В конце 1980-х гг. были созданы роботы, способные более-менее удовлетворительно оценивать окружающий мир и самостоятельно выполнять действия в естественной среде. 80-е и 90-е гг. ознаменовались появлением нового поколения датчиков двумерных цифровых информационных полей различной физической природы. В середине 90-х гг. появились первые системы автоматической навигации автомобилей.

Немного позже, в конце XX века, удалось разработать эффективные средства компьютерного анализа движений. В 2003 г. на рынок были выпущены первые достаточно надежные корпоративные системы распознавания лиц. К настоящему моменту теория компьютерного зрения полностью сложилась как самостоятельный раздел кибернетики, опирающийся на солидную научную и практическую базу знаний.

Ранняя система машинного зрения Автовижн II компании Автоматикс была продемонстрирована на выставке в 1983 г. Камера на штативе направлена вниз на стол с подсветкой для получения четкого изображения на экране, которое затем подвергается проверке на BLOB (от англ. binary linked object – объект двоичной компоновки) – объектный файл без публично доступных исходных кодов, загружаемый в ядро операционной системы [2].

Основные понятия машинного зрения

Машинное зрение теснейшим образом взаимодействует с такими областями как компьютерное зрение, обработка изображений, анализ изображений, распознавание образов и т. д.

Машинное зрение сосредотачивается на применении в основном промышленном, например, автономные роботы и системы визуальной проверки и измерений. Это значит, что технологии датчиков изображения и теории управления связаны с обработкой видеоданных для управления роботом и обработка полученных данных в реальном времени осуществляется программно или аппаратно.

Обработка изображений и анализ изображений в основном сосредоточены на работе с 2D-изображениями, т. е. как преобразовать одно изображение в другое. Например, пиксельные операции увеличения контрастности, устранения шумов или геометрические преобразования, такие как вращение изображения. Данные операции предполагают, что обработка/анализ изображения действуют независимо от содержания самих изображений.

Компьютерное зрение сосредотачивается на обработке трехмерных сцен, спроектированных на одно или несколько изображений. Например, восстановлением структуры или другой информации о 3D-сцене по одному или нескольким изображениям.

Отдельно выделяется область визуализации, которая первоначально была связана с процессом создания изображений, но иногда имела дело с обработкой и анализом. Например, рентгенография работает с анализом видеоданных медицинского применения.

Распознавание образов является областью, которая использует различные методы для получения информации из видеоданных, основанных на статистическом подходе. Значительная часть этой области посвящена практическому применению этих методов [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что понятие «машинное зрение» на сегодняшний день включает в себя: компьютерное зрение, распознавание зрительных образов, анализ и обработку изображений и т. д.

Основными элементами современных систем машинного зрения можно назвать камеру, с помощью которой получают изображение, плату ввода, оцифровывающую изображение, и плату управления движением. Технология машинного зрения имеет несколько этапов работы системы. Первым этапом является получение изображения контролируемого объекта. Далее полученное изображение необходимо ввести в промышленный контроллер или другой компьютер, где происходит компьютерная обработка, анализ полученных данных и принятие решений в соответствии с заложенной программой управления. Заключительным этапом является вывод управляющих воздействий на исполнительные устройства.

В целом, в задачи систем машинного зрения входит получение цифрового изображения, обработка изображения с целью выделения значимой информации на изображении и математический анализ полученных данных для решения поставленных задач.

Задачи машинного зрения

Каждая из областей применения машинного зрения, описанных ранее, связана с рядом задач. В задачи, рассматриваемые в рамках машинного зрения, в частности, входят:

- обнаружение, распознавание, отслеживание объектов, обладающих определенными свойствами на статическом изображении и в видеопотоке;
- восстановление 3D-формы по 2D-изображениям с помощью:
- стереореконструкции карты глубины;
- реконструкции поля нормалей и карты глубины по закраске полутонового изображения;
- реконструкции карты глубины по текстуре;

- определения формы по перемещению;
- выделение на изображениях структур определенного вида (например краев – резких переходов яркости), сегментация изображений;
- анализ оптического потока (нахождения перемещения пикселей между двумя изображениями);
- распознавание/обнаружение. Классической задачей в компьютерном зрении, обработке изображений и машинном зрении является определение содержания в видеоданных характерных объектов, их особенностей или активности.

В литературе описано различное множество особенностей машинного зрения по выделенным областям.

Распознавание: один или несколько предварительно заданных или изученных объектов (классов объектов) могут быть распознаны обычно вместе с их двухмерным положением на изображении или трехмерным положением в сцене.

Идентификация: распознается индивидуальный экземпляр объекта. Примеры: идентификация определенного человеческого лица или отпечаток пальцев.

Обнаружение: видеоданные проверяются на наличие определенного условия. Например, обнаружение возможных неправильных клеток или тканей в медицинских изображениях.

Поиск изображений по содержанию: нахождение всех изображений в большом наборе изображений, которые имеют определенное содержание.

Оценка положения: определение положения или ориентации определенного объекта относительно камеры. Примером применения этой техники может быть содействие руке робота в извлечении объектов с ленты конвейера на линии сборки.

Оптическое распознавание знаков: распознавание символов на изображениях печатного или рукописного текста, обычно применяется для перевода в текстовый формат.

Восстановление сцены. Даны несколько изображений сцены или видеоданные объекта. Восстановление сцены имеет задачу воссоздать ее трехмерную модель. В простейшем случае моделью может быть набор точек трехмерного пространства.

Восстановление изображений. Задача восстановления изображений – это удаление шума (шум датчика, размытость движущегося объекта и т. д.). Наиболее простым подходом к решению этой задачи являются различные типы фильтров, таких как фильтры нижних или средних частот.

Анализ оптического потока. Несколько задач, связанных с оценкой движения, в которых последовательность изображений (видеоданные) обрабатываются для нахождения оценки скорости каждой точки изображения или 3D-сцены. Примерами таких задач являются определение трехмерного движения камеры, слежение, т. е. следование за перемещениями объекта (например, машин или людей) [2, 4].

Области применения машинного зрения

Методы машинного зрения находят применение в следующих областях:

- медицина (автоматический анализ медицинских изображений: рентген, томография, УЗИ);
- охранные системы (идентификация личности, детекторы движения, распознавание и отслеживание движущихся объектов, распознавание автомобильных номеров и т. д.);
- естественный интерфейс человек-компьютер, основанный на жестах, мимике и голосовых командах пользователя, не обремененный устройствами "удобными компьютеру" (клавиатурой, мышью);

- мультимедиа-приложения, игры, расширенная реальность (комбинация виртуального окружения и реальных объектов);
- системы распознавания рукописного и печатного текста;
- сжатие видео с учетом содержимого передающегося видеопотока;
- промышленность (дефектоскопия, контроль качества, промышленные роботы).
- автомобилестроение;
- электроника;
- машиностроение (рис. 3).

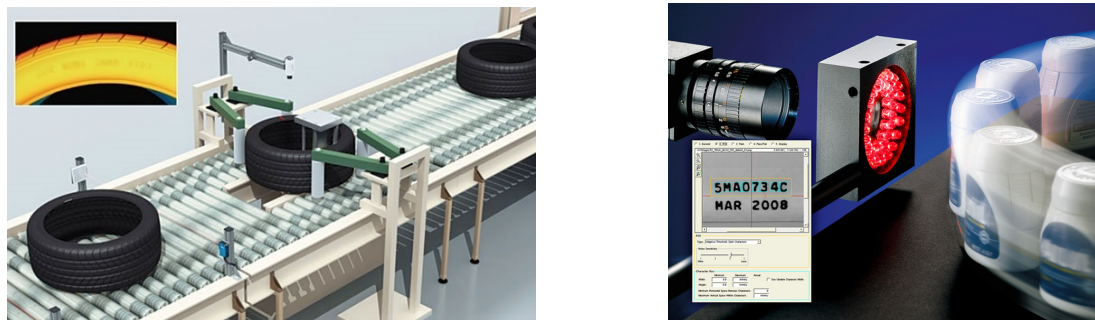


Рис. 3. Применение машинного зрения в промышленности

Одним из наиболее важных применений является обработка изображений в медицине. Эта область характеризуется получением информации из видеоданных для постановки медицинского диагноза пациентам. В большинстве случаев видеоданные получают с помощью микроскопии, рентгенографии, ангиографии, ультразвуковых исследований и томографии. Другой прикладной областью машинного зрения является промышленность. Здесь информацию получают для целей поддержки производственного процесса. Примером может служить контроль качества, когда детали или конечный продукт автоматически проверяются на наличие дефектов. Другим примером является измерение положения и ориентации деталей, поднимаемых рукой робота.

Военное применение является, пожалуй, самой большой областью машинного зрения. Очевидными примерами являются обнаружение вражеских солдат и транспортных средств и управление ракетами. Современное военное понятие, такое как "боевая осведомленность", подразумевает, что различные датчики, включая датчики изображения, предоставляют большой набор информации о поле боя, которая может быть использована для принятия стратегических решений.

Одними из новых областей применения являются автономные транспортные средства, включая подводные, наземные (роботы, машины), воздушные. Уровень автономности изменяется от полностью автономных (беспилотных) до транспортных средств, где системы, основанные на машинном зрении, поддерживают водителя или пилота в различных ситуациях.

Полностью автономные транспортные средства используют компьютерное зрение для навигации, т. е. для получения информации о месте своего нахождения, для создания карты окружающей обстановки, для обнаружения препятствий. Они также могут быть использованы для определенных задач, например, для обнаружения лесных пожаров. Примерами таких систем могут быть система предупредительной сигнализации о препятствиях на машинах и системы автономной посадки самолетов. Некоторые производители машин демонстрировали системы автономного управления автомобилем, но эта технология все еще не достигла того уровня, когда ее можно запустить в массовое производство.

Заключение

Разобравшись в машинном зрении, мы убедились, что многие высоты уже достигнуты, но многие еще впереди. Развитие машинного зрения может помочь роботам достичь небывалых результатов и развить огромную мощь, помогая человеку решать множество задач в различных областях промышленности.

Библиографический список

1. Рассел Стюарт, Норвиг Питер. Искусственный интеллект. Современный подход. М./СПб./Киев, 2006. 1408 с.
2. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. М.: Мир. 1977. 322 с.
3. Патрик Эдвард А. Основы теории распознавания образов. М.: Советское радио, 1980. 407 с.
4. Computer Vision: A Modern Approach by D. A. Forsyth and J. Ponce, Prentice Hall, Upper Saddle River. N. J., 2002. 793 p.

УДК 621.316

А. А. Кумарин

магистрант Самарского университета

**ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ДВУХСЛОЙНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ
В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ НАНОСПУТНИКА**

Одним из наиболее популярных классов космических аппаратов (КА) являются наноспутники. Часто при проектировании КА данного типа возникает необходимость включить в состав подсистему с высокой пиковой мощностью. Потенциальное решение данной задачи – использование двухслойных конденсаторов (суперконденсаторов – СК). К их ключевым особенностям можно отнести относительно низкое номинальное напряжение, которое обычно составляет 2,3–3 В для коммерчески доступных моделей [1]. Плотность энергии – порядка 4–7 Вт·ч/кг – превышает показатели электролитических конденсаторов, но уступающая никелевым аккумуляторам. Ограничение на ток для СК менее существенно, чем для популярных литий-ионных батарей. Так, для популярного формата ЛИБ 18650 это приводит к ограничению отдаваемой мощности порядка 25 Вт. Для аналогичных по габаритам СК эти значения составляют 100 Вт (BCAP100 [2]). Еще одной особенностью СК является большой ресурс – порядка 10^6 циклов заряда-разряда, что на несколько порядков превышает аналогичные показатели ЛИБ – 300-1000 циклов [3].

Таким образом, СК – накопитель энергии, подходящий для питания мощных импульсных нагрузок в долгосрочных миссиях. Относительно низкая плотность энергии СК позволяет использовать их только в качестве буферного накопителя энергии. Суперконденсаторы практически не применялись на КА нанокласса. Предварительное исследование возможности использования схожих СК на борту наноспутника было проведено, например, в работе [4]. Однако в отличие от указанной работы в данном исследовании не ставится цели заменить основные батареи.

Для оценки возможности использования СК в условиях околоземных орбит необходимо испытание в условиях, приближенных к предполагаемым условиям эксплуатации. В рамках данной работы основными характеристиками были приняты: высокий вакуум (10^{-5} мм рт. ст.), рабочий диапазон температур СК от -30 °С до $+50$ °С. Испытания СК производились в термовакуумной камере. В ходе испытаний СК не претерпел видимых механических повреждений. Изменение емкости и внутреннего сопротивления в ходе экспериментов относительно аналогичных характеристик в атмосферных условиях не превысило погрешности измерений. Таким образом, СК способны успешно функционировать в вакууме.

Изменение температуры оказывает влияние на величину емкости. В данной работе были экспериментально определены зависимости емкости от напряжения при различных температурах по методике [5]. Полученные данные представлены на рис. 1. Максимальное изменение емкости составляет в среднем порядка 10%, что является приемлемым.

В данной работе также было проведено экспериментальное исследование утечки СК. Измерялось напряжение заряженного СК. Общее время измерений составило 35 часов. За это время СК разрядился от 2,67 В до 2,31 В. Кривая мощности утечек в зависимости от напряжения на наиболее значимом участке – рис. 2. Поскольку СК предполагаются для питания импульсной нагрузки, полученные результаты приемлемы.

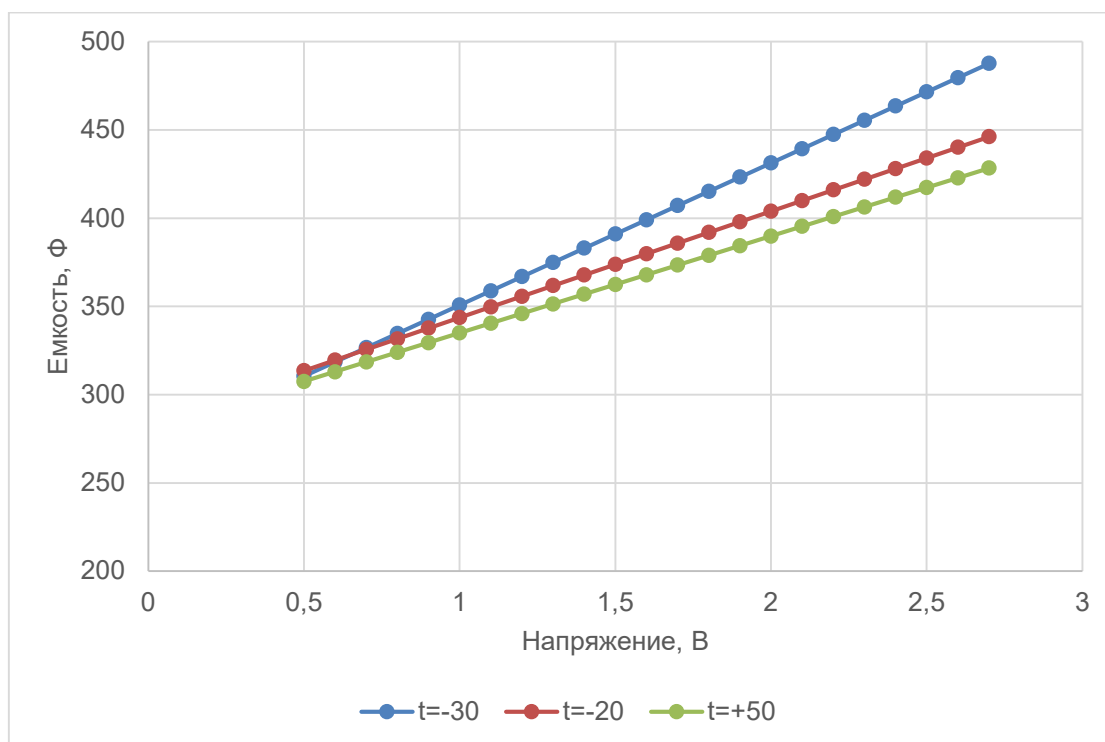


Рис. 1. Емкость СК в зависимости от напряжения при различных температурах

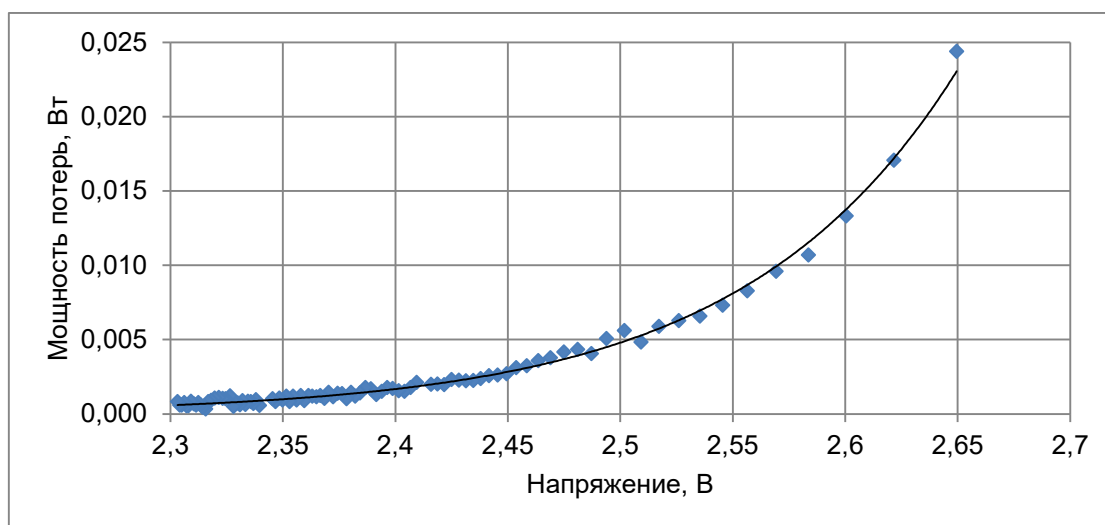


Рис. 2. Мощность утечек в зависимости от напряжения

Видно, что невыгодно длительное время оставлять напряжение на ячейках высоким. Ячейка может быть медленно заряжена до напряжения 2,2–2,5 В, а затем дозаряжена до 2,7 В непосредственно перед использованием.

Таким образом, в данной работе проведено исследование основных параметров СК в условиях, приближенных к космическим. Результаты показывают о пригодности СК к использованию в наноспутниках.

Библиографический список

1. Alkali M. et al. Preliminary study of electric double layer capacitor as an energy storage of simple nanosatellite power system // 65 international astronautical congress. 2014. Pp. 1–7.

2. Техническая документация на ВСАР350. URL: http://www.maxwell.com/images/documents/hcseries_ds_1013793-9.pdf (дата обращения: 01.01.2018).

3. Ecker M. et al. Calendar and cycle life study of Li(NiMnCo)O₂-based 18650 lithium-ion batteries // Journal of power sources. 2014. 248. Pp. 839–851.

4. Alkali M. et al. Design Considerations and Ground Testing of Electric Double-Layer Capacitors as Energy Storage Components for Nanosatellites // JoSS. 2015. 2(4). Pp. 387–405.

5. Кумарин А. А. Измерение параметров электролитических двухслойных конденсаторов: матер. 55-й международной научной студенческой конференции. Новосибирск, Россия. 2017. С. 37.

УДК 621.365.53

В. А. Лазерко

студент кафедры электромеханики и робототехники

СРАВНЕНИЕ ГАЗОПЛАМЕННОЙ И ИНДУКЦИОННОЙ ПРАВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Целью данной работы является сравнение широко используемого во всем мире метода газопламенной правки металлических конструкций, с набирающим популярность методом индукционной правки.

Оба этих метода относятся к способу термической правки, в котором правка металла происходит под тепловым воздействием, создаваемым газовой горелкой, индукционным нагревом, печами и другими установками только для металлов, которые не меняют свои свойства при нагреве, или если эти изменения не значительны.

Газопламенная правка происходит за счет применения остаточных пластических деформаций, возникающих из-за концентрированного местного нагрева пламенем горелки и сил сжатия, возникающих при остывании металла. С помощью газопламенной правки можно править различные металлы, биметаллы и магниевые стали. В зависимости от параметров металла применяют различные горелки [1].

В качестве расходного материала в газовой правке применяются различные газы, такие как ацетилен, природный газ, керосин, бутан и др. При правке используется ацетиленкислород. При термической правке необходимо следить за степенью нагрева, т. е. за цветом побежалости или цветом нагреваемой стали (табл. 1; табл. 2).

Газопламенная правка характеризуется следующими параметрами:

- температурой нагрева;
- скоростью нагрева;
- формой нагрева;
- расположением мест нагрева.

Для различных металлов требуется различная температура нагрева, для стали, например 400–700°, температура нагрева ограничивается температурой начала структурных превращений металла [2].

Таблица 1

Цвета побежалости при различных температурах нагрева стали

Цвет побежалости	Температура	Цвет побежалости	Температура
Светло-желтый	220 °С	Фиолетовый	265 °С
Темно-желтый	240 °С	Васильково-синий	295 °С
Коричнево-желтый	255 °С	Светло-синий	315 °С
Красно-коричневый	265 °С	Серый	330 °С

Таблица 2

Цвета нагрева стали при различных температурах

Цвет нагрева стали	Температура
Темно-коричневый	550-580
Коричнево-красный	580-650
Темно-красный	650-730 °С
Темно-вишнево-красный	730-770 °С
Вишнево-красный	770-800 °С

Индукционная правка достигается путем нагрева области металлического листа индуктором и последующим охлаждением и сжатием этой области [3].

Уникальность индукционной правки заключается в ее скорости, интенсивности нагрева, локализации, а также простом способе управления [4].

Точность индукционного нагрева способствует повышению производительности системы. Воздействие индукционного нагрева не распространяется на соседние участки металла. Во время правки нагревается поверхность металла и зависимости от выбранной частоты и времени работы системы, а также от теплопроводности металла возможен сквозной нагрев или поверхностный нагрев [5].

От формы индуктора системы индукционного нагрева зависит равномерность прогрева области, ее ширина и форма [6].

Также в системах индукционного нагрева можно (возможно) использовать передовые технологии, такие как IGBT транзисторы, в скором времени могут разработать и нанотранзисторы, которые в свою очередь еще больше уменьшат массогабаритные параметры системы и увеличат ее КПД.

Высокий КПД системы индукционного нагрева достигается за счет действия токов высокой частоты [7].

Рассмотрим экспериментальное сравнение газопламенной правки и индукционной правки, произведенное компанией BAE Systems.

В случае с горелкой человек может попасть под пламя горелки, в системах индукционной правки такого нет: индуктор защищен специальным корпусом и экранами, также система включает в себя различные предохранители и магниты, удерживающие устройство на поверхности металла во время нагрева. Этим обусловлена безопасность работы с системой индукционной правки.

Экспериментальное сравнение было произведено на верфи, которая занимается строительством военно-морских судов, обладающих большим количеством тонколистовых конструкций.

Суть эксперимента заключается в анализе состояния листов металла после применения газопламенной правки и индукционной правки, с допустимой долей отклонения 6 мм.

Правка в обоих случаях производилась по следующей схеме для палубных листов стали DH 36 толщиной 5,5 мм:

При подготовке опыта, были подобраны области корабельной палубы наиболее схожие по отклонению поверхности, также были замерены показатели выпуклостей участков, их вязкость, прочность, твердость и текучесть по всей площади исследуемых поверхностей.

В ходе эксперимента строго соблюдалась аналогичная последовательность процедур правки для каждого метода, что способствовало наиболее точному снятию характеристик.

По окончании опыта, были получены следующие данные:

– для индукционной правки максимальное отклонение поверхности удовлетворяло пределу допуска в 93–95% случаях, в то время как при газопламенной правке этот показатель составил лишь 51–56%;

– индукционная правка оказалась на 75% быстрее газопламенной правки;

– сравнение вязкости и прочности правленных участков показало уменьшение прочности на 7% и уменьшение общего предела текучести на 7% после индукционной правки и на 45% и 7%, соответственно, после газопламенной правки [8];

– твердость материалов была различна, поскольку было проведено локализованное охлаждение и нагрев, вследствие чего изменились стальные микроструктуры листов, ввиду этого замечания были сравнены базовые значения каж-

дого листа с соответствующим методом правки. В результате сравнения был получен прирост твердости с 6% до 15% после индукционной правки и прирост твердости до 16% после газопламенной правки [9].

Результат сравнения методов для наглядности представлен в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение методов индукционной и газопламенной правки

Параметр	Газопламенная	Индукционная
Соответствие допуску	56%	95%
Экономия времени	0	75%
Текучесть	7%	7%
Прочность	45%	7%
Твердость	16%	6 до 15%

При данном уровне технического обеспечения необходимо осуществлять переход от газопламенной правки в пользу систем индукционного нагрева, это решение обосновывается тем, что поверхностный индукционный нагрев обладает более эффективными параметрами, а именно:

- чрезвычайная быстрота исполнения (например, скорость сквозного нагрева стали толщиной 8 мм составляет 8 секунд);
- точность нагрева и локализация;
- чистота рабочей поверхности, имеется ввиду отсутствие остаточных продуктов горения от газопламенной правки [10];
- низкое энергопотребление;
- меньшее влияние на микроструктуру металлов;
- возможность работы от промышленной сети переменного тока;
- отсутствие быстро изнашиваемых элементов;
- надежность и долговечность конструкции [11];
- хорошая управляемость;
- малое время нагрева;
- высокий КПД.

Главной отличительной способностью индукционной правки от газопламенной является то, что при индукционной правке можно настроить систему на нагрев стали только до точки Кюри (750 – 760 °С), когда сталь теряет свои магнитные свойства и происходит изменение ее нагрузки.

Библиографический список

1. Шолохов М. А. Зеллер М. Газопламенная правка металлов. Екатеринбург. 2015.
2. Колеров О. К. Термическая обработка сталей. Самара: СГАУ. 2008. 63 с.
3. Лопатин В. Г. Карнаухов Н. С. Применение поверхностного индукционного нагрева.
4. Буклет Deck and bulkhead straightening A guide to the benefits of induction heating, 2009.

5. Применение индукционного нагрева. URL: <http://www.efd-induction.com/~media/PDF/Russian/Applications.ashx> (дата обращения: 17.04.2018).
6. Слухоцкий А. Е. Рыскин С. Е. Индукторы для индукционного нагрева. Энергия. 1974. 264 с.
7. Перебоева А. А. Технология термической обработки металлов: курс лекций. Красноярск, 2007. 143 с.
8. Teras – straightening with induction. URL: <http://slideplayer.com/slide/5786140/> (дата обращения: 17.04.2018).
9. Rippegather Deitmar. Induction heat straightening – A distortion rework reduction tool for thin plate // Welding and Cutting 7. № 3. 2008.
10. Вести морского Петербурга. 2015. № 3.
11. Банчужный В. В., Сулименко В. В. Сравнительный анализ индукционных нагревателей с иными электронагревателями: матер. межд. науч. конф. Хабаровск: ТОГУ. 2010. С. 134–138.

УДК 629.113

М. А. Летенков

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

С. А. Сериков – профессор, доцент – научный руководитель

СХЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В ГИБРИДНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ: ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

В настоящее время особо остро стоит вопрос о загрязнении окружающей среды. Основными источниками загрязнения являются автотранспортные средства, использующие двигатели внутреннего сгорания [1]. Одним из наиболее перспективных направлений решения проблемы экологичности транспорта является разработка технологических новинок, которые позволяют уменьшить объем потребляемого топлива и количество выбросов вредных веществ двигателями любой конструкции.

В течение последних двадцати лет на автомобильном рынке появились и заняли крепкие позиции автомобили с гибридными силовыми установками. Используя в своей конструкции менее мощные двигатели внутреннего сгорания вместе с электродвигателями, гибридные автомобили имеют меньшее количество выбросов вредных веществ, меньшее потребление жидкого топлива и не уступают по ходовым характеристикам автомобилям с классическими силовыми установками.

Существуют три принципиальных схемы гибридных силовых установок: последовательная, параллельная, последовательно-параллельная (split-система). Далее будут разобраны принципы их работы.

Последовательная схема гибридной силовой установки

Данная схема наиболее проста в исполнении. Двигатель внутреннего сгорания передает крутящий момент генератору электрической энергии, который заряжает аккумуляторные батареи (рис. 1). Ток с батарей питает электродвигатели. Таким образом, автомобиль движется только на электротяге.

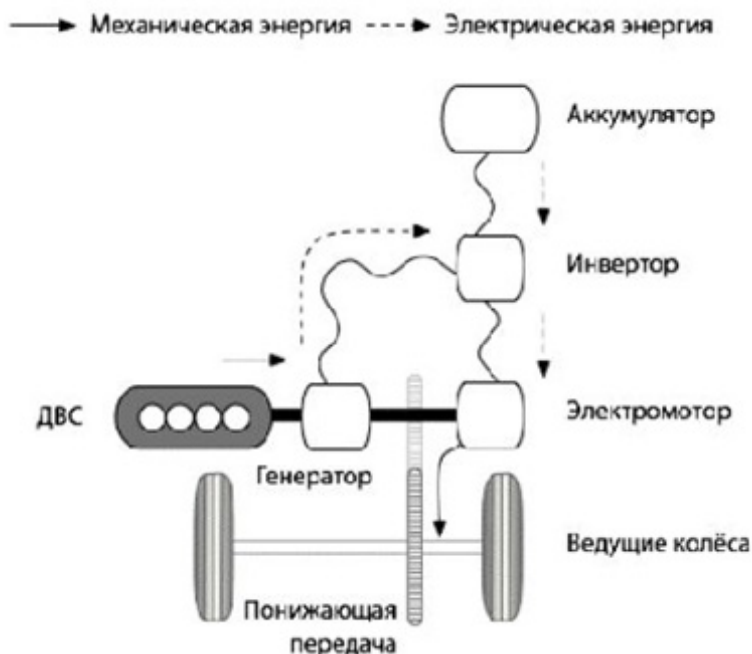


Рис. 1. Последовательная схема

Помимо этого для зарядки аккумуляторов применяется система рекуперации кинетической энергии KERS (Kinetic Energy Recovery System).

Плюсами такой конструкции являются:

- Работа ДВС с максимальным КПД.
- Низкое потребление топлива.
- Использование только электродвигателя за счет энергии, запасенной в аккумуляторных батареях.

Недостатки последовательной схемы:

- Образование потерь при преобразовании энергии.
- Внушительные габаритные размеры и масса, высокая стоимость и проблемы утилизации аккумуляторных батарей.

Последовательная схема находит широкое применение в условиях, когда необходим большой крутящий момент, а высокая скорость не требуется. Также данный тип схемы наиболее пригоден для автотранспортных средств, которые в большей мере используются для движения в городском цикле.

Параллельная схема гибридной силовой установки

В данной схеме гибридной силовой установки ДВС и электродвигатель могут работать одновременно, так как каждый из них механически соединен с трансмиссией (рис. 2). Обратимый электродвигатель способен работать в режиме генератора, а компьютерная система управления позволяет добиться согласованной работы обоих двигателей.

Распределение крутящего момента, поступающего от обоих двигателей гибрида, происходит с помощью блока управления в зависимости от выбранного режима езды. Двигатель внутреннего сгорания выполняет основную роль, работая в точке максимального КПД. Электродвигатель же подключается, когда нужна дополнительная мощность при старте с места и ускорении. При торможении электродвигатель работает в режиме генератора и передает запасенную энергию в аккумуляторные батареи.

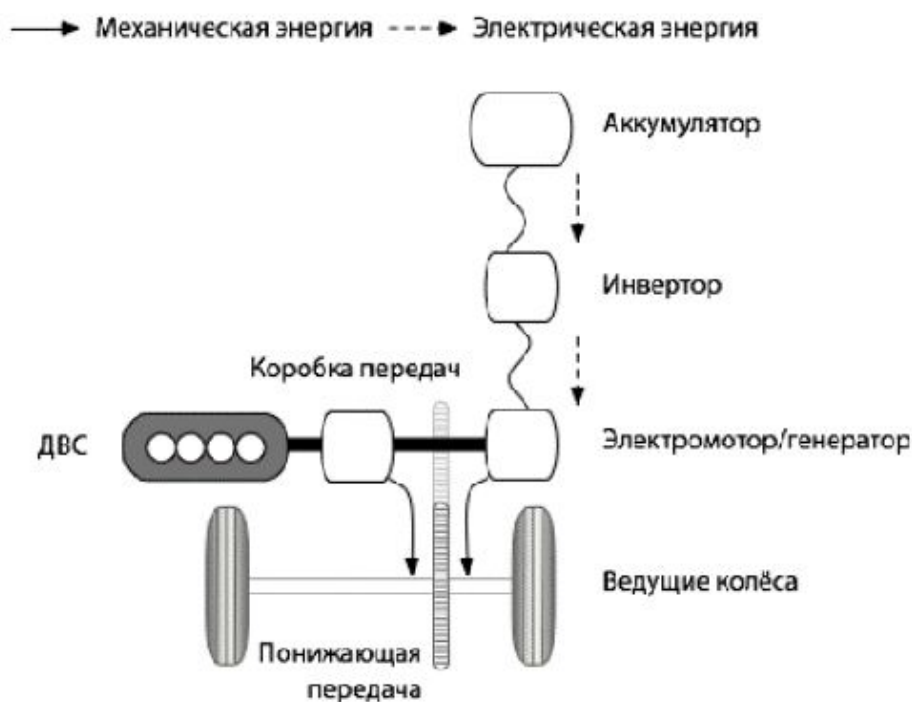


Рис. 2. Параллельная схема

Плюсами такой конструкции являются:

- Более высокий КПД по сравнению с последовательной схемой.
- Возможность использования электромотора как тягового электродвигателя и генератора.
- Возможность использования электромотора как тягового электродвигателя и генератора.
- Нет необходимости использовать аккумуляторную батарею большой емкости.

Недостатками схемы являются:

- Меньшая экономичность топлива.
- Усложнение трансмиссии для обеспечения подвода или обора мощности электродвигателя.
- Усложнение системы управления силовых агрегатов.

Автомобили с гибридной силовой установкой, построенные по параллельной схеме имеют низкую эффективность в городских условиях, но хорошо реализуют себя при высокоскоростном движении по трассе.

Последовательно-параллельная схема гибридной силовой установки

Последовательно-параллельная схема несет в себе совмещение идей, реализованных в предыдущих двух схемах. В ее конструкцию добавлен еще один генератор и делитель мощности. Когда автомобиль начинает движение, механическое воздействие поступает от электродвигателя на внешнюю шестерню, что позволяет набрать скорость без использования двигателя внутреннего сгорания. Данная конструкция позволяет поддерживать работу двигателя внутреннего сгорания в точке максимального КПД во время частых стартов и остановок транспортного средства. Как только автомобиль набирает скорость, активируется двигатель внутреннего сгорания, с которого с помощью планетарного редуктора крутящий момент передается на ведущие колеса. Всем этим процессом управляет бортовой компьютер. Он контролирует расход топлива и посылает команды на делитель мощности. Также происходит автоматическая подпитка аккумуляторных батарей с помощью генератора, когда их заряд падает ниже среднего.

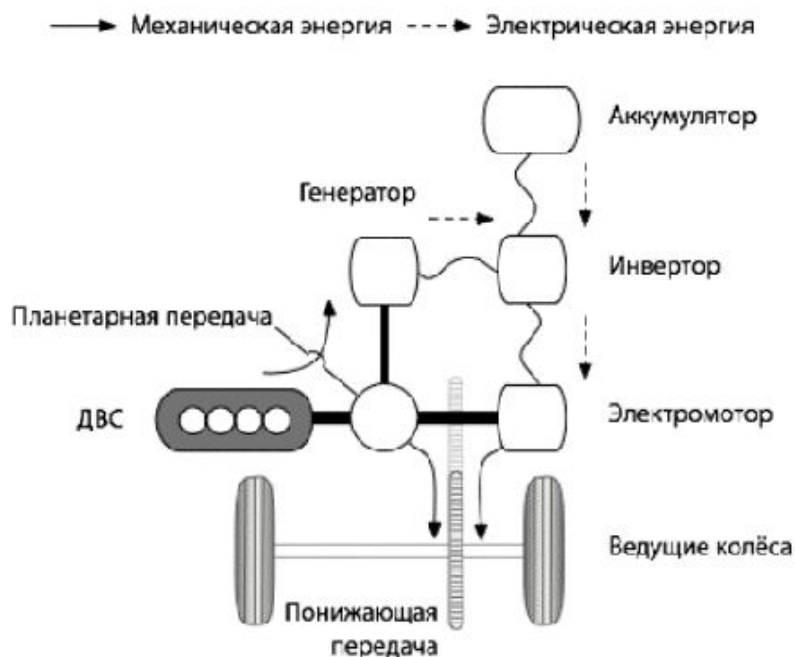


Рис.3. Последовательно-параллельная схема

Плюсы данной схемы:

- Максимальная топливная экономичность.
- Высокая экологичность системы.

Минусы:

- Технологическая сложность конструкции.
- Высокая стоимость.
- Высокая стоимость требуемых аккумуляторных батарей.
- Сложный блок управления.

Все три схемы построения имеют право на реализацию и использование, так как подходят для выполнения различных задач. В использовании в сфере городских грузоперевозок лучше всех себя показывает последовательная схема. Для движения по скоростным трассам более пригодны последовательно-параллельная и параллельная схемы построения. Наиболее экономичными и экологичными в городском цикле являются гибридные силовые установки, построенные по последовательно-параллельной схеме.

Библиографический список

1. Смуров А. В., Снакин В. В., Комарова Н. Г. Современное состояние атмосферного воздуха // Экология России: учеб. изд. 2012. С. 12–33.
2. Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками / С. В. Бахмутов, А. Л. Карунин, А. В. Круташов, В. В. Ломакин, В. В. Селифонов, К. Е. Карпухин, Е. Е. Баулина, Ю. М. Урюков. М., 2007.

УДК 621.3.051

Е. В. Лосев

магистр кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В настоящее время все современные производства всерьез обеспокоены экономией электрической и тепловой энергий на своих предприятиях. Связано это в первую очередь с постоянным ростом стоимости электроэнергии, желанием снизить затраты на производство, при этом не снижая качества продукции или предоставляемых услуг.

На существующем этапе развития техники и технологий в современной промышленности РФ используется ряд эффективных способов для экономии электроэнергии:

- модернизация оборудования;
- применение энергосберегающих технологий;
- уменьшение потерь электроэнергии в электроприемниках и системах электроснабжения;
- регулирование режимов работы оборудования.

В современных реалиях существует много различных способов для экономии энергии на предприятиях, начиная с замены остекления на "теплое" и модернизации устаревшего оборудования, заканчивая интегрированием различных модулей по генерированию энергии нетрадиционными способами в свою энергетическую систему – солнечные панели, ветрогенераторы, модули, работающие на биотопливе (ORC-модули). Пассивная задача, с которой справляются предприятия, пользуясь данными технологиями, является сокращение количества выбросов в атмосферу вредных веществ.

Солнечные панели или солнечные коллекторы при предприятиях зачастую располагают на крышах цехов или на специально отведенных для этого площадках. Солнечные коллекторы передают энергию солнечной радиации и полученное тепло воздушному или жидкому теплоносителю, который, в свою очередь, может впоследствии использоваться непосредственно (для отопления) или в теплообменнике, где тепловая энергия будет преобразована в электрическую. В солнечных модулях, основанных на фотоэлементах, используются полупроводниковые материалы способные преобразовывать солнечную радиацию в постоянный электрический ток. Коэффициент полезного действия данных модулей колеблется от 5 до 28%. Более высокий КПД возможен при использовании технологии концентрированных фотоэлектрических систем (CSP), в которых используется оптика для увеличения концентрации падающей солнечной радиации [1].

В используемых на производствах ветрогенераторах ветер представляет собой нестабильный источник возобновляемой энергии. Он используется ветровыми турбинами, которые преобразуют его кинетическую энергию в электроэнергию. Ветровые турбины при предприятиях чаще всего расположены на отдельных участках земли, обособленно от самих производств.

Используемые на предприятиях биотопливные системы в большинстве своем являются ORC-модулями (рис. 1). ORC-модули – энергетические установки, работающие по циклу Ренкина с органическим рабочим телом. ORC-установка состоит из:

- регенератор (1);

- конденсатор (2);
- турбина (3);
- генератор (4);
- циркуляционный насос (5);
- предварительный нагреватель (6);
- испаритель (7);
- вход горячей воды (8);
- выход горячей воды (9);
- трубопровод (10, 11).

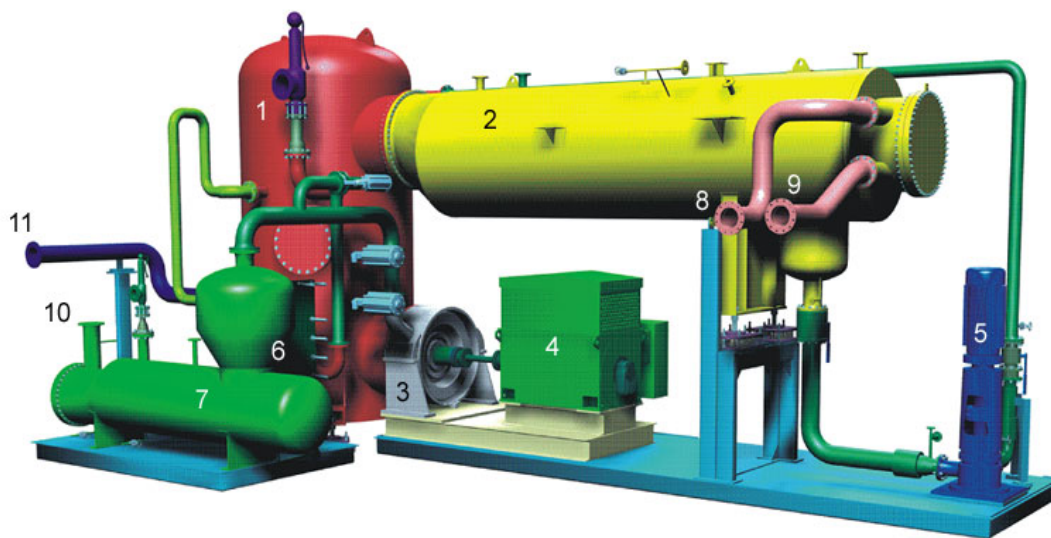


Рис. 1. ORC-модуль

Технология ORC получила распространение относительно недавно, основным отличием от обычного цикла Ренкина является использование органической жидкости с высокой молекулярной массой в качестве рабочего тела.

Принцип работы ORC-установки заключается в следующем. Источник тепла нагревает контур с термомаслом, которое передает тепло рабочей жидкости. Рабочая жидкость, проходя по контуру модуля испаряется, тем самым вращая турбину, приводящую во вращение генератор. Далее пар охлаждается, конденсируется и попадает обратно в камеру, в которой снова происходит нагрев. Чаще всего в качестве рабочей жидкости применяется органическая жидкость пентан C₅H₁₂. До температуры +36 °С (при атмосферном давлении) он находится в жидком состоянии, а превысив данную температуру, переходит в газообразное состояние [2].

Примерами других рабочих жидкостей могут послужить аммиак, силиконовое масло, толуол, дифенил, циклопентан.

Преимущества ORC-модулей:

- высокий суммарный коэффициент полезного действия установки (до 90%);
- отсутствие редуктора между турбиной и генератором из-за низкой скорости вращения;
- длительный срок эксплуатации без обслуживания;
- простота запуска и останова;
- отсутствие эрозии лопаток турбины вследствие отсутствия влажности в паровых соплах;
- отсутствие необходимости наличия обслуживающего персонала в режиме работы установки;

- бесшумность работы;
- большой ресурс работы;
- возможность одной установкой покрыть до 100% нагрузки собственных нужд на предприятии или котельной.

Источники теплоты для ORC-установок на предприятии:

- биогаз или биомасса (сжигание);
- выхлоп газов турбин;
- технологические газы производственных процессов (нагрев, сушка) [3].

На рынке присутствует большой выбор диапазона мощностей установок:

- малая мощность – 10–30 кВт;
- средняя мощность – 270 кВт;
- большая мощность – 600–2200 кВт;
- нестандартные модули – до 10 МВт.

Использование и внедрение описанных модулей (солнечных, ветряных, работающих на биотопливе), приводит к существенной экономии на производстве. Особенно хорошо зарекомендовали себя ORC-установки. Благодаря им значительно снижается расходная часть бюджета предприятий на покрытие собственных нужд электроэнергии, в связи с чем понижается себестоимость продукции и улучшается ее качество.

Библиографический список

1. Глазов Е. В. Экономия на производстве: учеб. пособие. Томск: ТПУ, 2016. 196 с.
2. ORC-модули и технологии. URL: <https://orcteh.com/preview/13> (дата обращения: 20.03.2018).
3. Вторичные энергетические ресурсы. URL: <https://portal-energo.net> (дата обращения: 20.03.2018).

УДК 621.3.066

Т. В. Лошкарева

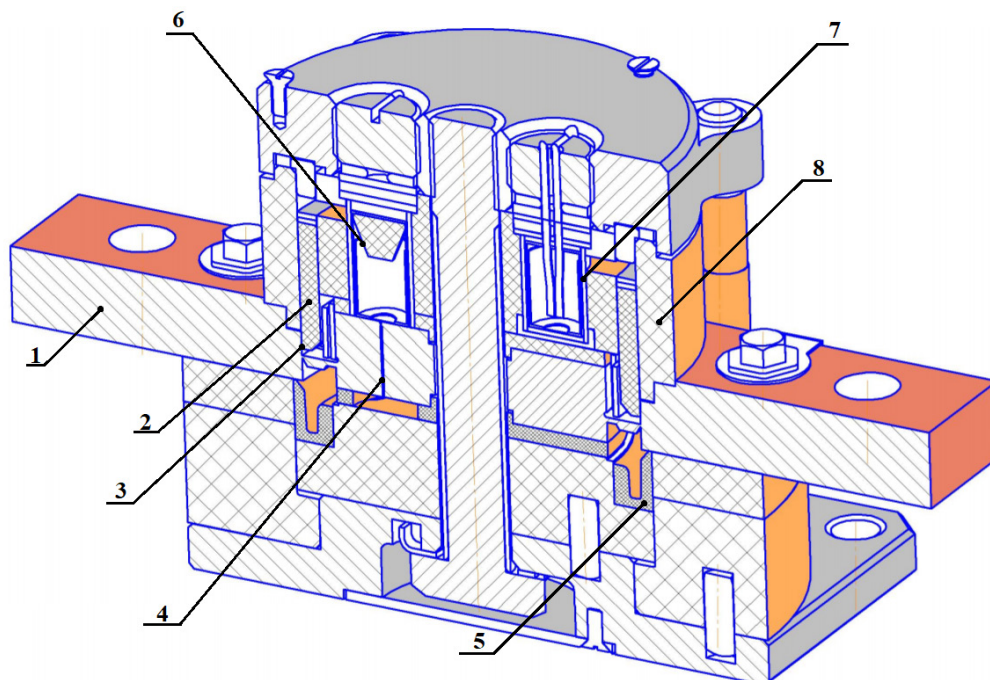
магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СИЛЬНОТОЧНОГО ЗАЩИТНОГО РАЗМЫКАТЕЛЯ ОДНОКРАТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Данное исследование является актуальным поскольку увеличение рабочего напряжения размыкателя позволит расширить область его применения. Например, с напряжением 6 кВ высоконадежный размыкатель можно будет устанавливать на железные дороги для сохранения силового электрооборудования от вредного воздействия электрического тока при коротких замыканиях в результате появления аварийных ситуаций.

Описания конструкции и принципа действия высоконадежного размыкателя

Высоконадежный размыкатель, поперечный разрез которого показан на рисунке, представляет собой компактное устройство с прочным герметичным корпусом и подвижной коммутирующей частью. Уникальное сочетание характеристик размыкателя, таких как: быстродействие, компактность и одновременно высокая токонесущая способность (таблица), достигнуто как за счет реализации в его конструкции ряда принципиально новых технических решений, так и благодаря использованию в нем специальных пиротехнических изделий: пиротехнического газогенерирующего состава и электровоспламенителей.



Поперечное сечение высоконадежного размыкателя, в котором:
 1 – токоподвод; 2 – изоляционный поршень; 3 – разрушаемая проточка токоподвода; 4 – инициирующая перемычка (участок токоподвода с уменьшенным сечением); 5 – приемная манжета; 6 и 7 – капсулы с газогенерирующим составом; 8 – герметичный изоляционный корпус

По принципу действия сильноточный размыкатель близок к размыкателю однократного действия с пневмоприводом. Основными элементами сильноточного размыкателя являются сменный контактный элемент – токоподвод, капсулы с пиротехнической газогенерирующей смесью, электровоспламенитель и изоляционный поршень. При работе размыкателя необходимое давление над поршнем создается за счет сгорания газогенерирующей смеси, поджигаемой либо с помощью электровоспламенителя, либо дугой при сгорании инициирующей перемычки.

Под действием расширяющихся газов, образующихся вследствие быстрого возгорания газогенерирующей смеси, осуществляется перемещение изоляционного поршня, который обеспечивает разрушение токоподвода в заранее заданном месте с уменьшенным сечением (разрушаемая проточка 3 на рисунке), с одновременным гашением дуги.

После завершения процесса коммутации поршень оказывается расположенным в приемной изоляционной манжете (5 на рисунке), что обеспечивает электрическую прочность предохранителя, необходимую для предотвращения возможных пробоев изоляции от напряжения, возникающего при разрыве электрической цепи.

В таблице представлены текущие и желаемые технические характеристики сильноточного размыкателя.

Технические характеристики сильноточного размыкателя

Характеристика	Текущие характеристики предохранителя ПР2	Желаемые характеристики предохранителя ПР2
Номинальный рабочий ток, А	2000	2000
Максимальное допустимое напряжение в процессе коммутации, В	1500	6000
Время выключение, мс, не более	2,5	2,5

Описание способа повышения электрической прочности сильноточного размыкателя

Основываясь на рекомендациях, представленных в международном стандарте IEC 60664-1 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems при заданных характеристиках предохранителя:

- Степень загрязнения 4 – длительное наличие проводящего загрязнения в виде проводящей пыли, дождя или других влажных условий;
- Материалы группы III – значения СИТ менее 400, но не менее 175 ($175 \leq \text{СИТ} < 400$);
- Действующее значение напряжения 6300 В.

Были определены следующие требования к конструкции сильноточного размыкателя: минимальные расстояния утечки, исключаящие повреждения вследствие трекинга составляет 100,0 (Может быть использовано значение 80,0 для снижения расстояний утечки в случае применения ребер, описанного в п. 5.2.5 IEC 60664-1) мм. Таким образом, для увеличения максимального допустимого коммутационного напряжения сильноточного размыкателя предложено внести следующие изменения в конструкцию аппарата: увеличить размеры изоляционных деталей для получения желаемого максимального допустимого коммутационного напряжения в 6 кВ. К деталям, размеры которых необходимо увеличить

относятся (см. рисунок): изоляционный поршень; приемная манжета; герметичный изоляционный корпус. Размеры, до которых необходимо увеличить габариты деталей определены исходя из рекомендаций ИЕС и составляют: для поршня 35 мм, для приемной манжеты 30 мм, для герметичного изоляционного корпуса 37 мм.

Выводы: в статье приведены основополагающие принципы доработки коммутационного аппарата с целью повышения его коммутационного напряжения. Даны конкретные рекомендации по внесению изменений в конструкцию размыкателя, обеспечивающие повышение его электрической прочности с 1,5 кВ до 6 кВ.

Последующая работа будет направлена на создание действующей модели сильноточного размыкателя с максимальным допустимым коммутационным напряжением 6 кВ.

УДК 681.5

М. В. Медведев

студент кафедры управления в технических системах

М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПОИСК ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Использование возобновляемых источников электрической энергии является перспективным направлением современной энергетики [1, 2]. В рамках этого направления солнечная энергия занимает ключевые позиции в силу своей практической неисчерпаемости и доступности во всех точках поверхности Земли. Солнечная энергетика стремительно завоевывает позиции на мировом энергетическом рынке. Фотоэлектрические системы способны непосредственно преобразовывать энергию солнечной радиации в электрическую энергию без выброса вредных веществ в атмосферу. Они отличаются высокой надежностью, поскольку не имеют подвижных частей. Солнечные батареи пригодны как для выработки энергии в больших масштабах, так и для решения проблем энергообеспечения отдельных зданий, энергоснабжения автономных подвижных объектов, при создании солнечных холодильных систем и во многих других приложениях [3–5].

Вариации солнечной активности могут быть достаточно точно прогнозируемы, но главный недостаток солнечной энергетики заключается в зависимости от погодных и климатических условий. Для обеспечения стабильной выработки электроэнергии необходимо управлять работой солнечной батареи, поскольку мощность, генерируемая солнечной батареей, зависит от ее напряжения, значение которого на выходе постоянно изменяется в соответствии с освещенностью, временем суток, температурой панели. Контроллер солнечной батареи должен работать в режиме обеспечения максимальной выходной мощности при вариациях температуры и солнечной радиации.

На сегодняшний день есть много методов отслеживания точки максимальной мощности солнечной батареи. Наиболее распространенным является метод возмущения и наблюдения. В данной работе выполнена реализация метода возмущения и наблюдения для управления точкой максимальной мощности.

Вольт-амперная характеристика солнечной батареи, при разных внешних условиях, имеет одну рабочую точку, где значения тока и значения напряжения приводят к максимальной выходной мощности. Такая точка на вольт-амперной характеристике называется точкой максимальной мощности. В точке максимальной мощности солнечная батарея работает с максимальной эффективностью и генерирует максимальную выходную мощность. Точка максимальной мощности не является фиксированной и изменяется в зависимости от различных факторов, таких как освещенность и температура.

Влияние освещения на точку максимальной мощности заключается в том, что ток солнечной батареи генерируется фотонами. При постоянном излучении и постоянной температуре ток постоянен. При изменении излучения фотонов будет меняться и значение выходного тока.

На рис. 1 изображено ВАХ и мощностная характеристика солнечной батареи NP65GK, при разной интенсивности излучения и при постоянной температуре равной 25 °С. Как видно из рис. 1, выходная мощность и выходное напряжение зависят от интенсивности солнечного света. Чем больше интенсивность, тем больше выходное напряжение и соответственно мощность солнечной панели. Поскольку ВАХ зависит от интенсивности солнечного света, необходимо управ-

лять точкой максимальной мощности, чтобы использовать максимальную мощность модуля.

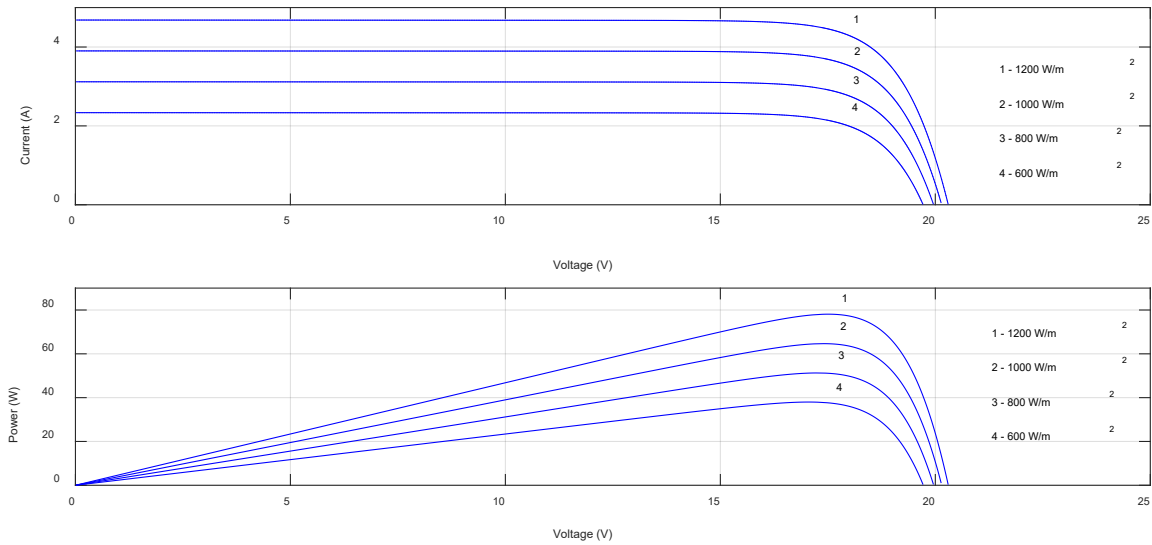


Рис. 1. Графики ВАХ и мощностная характеристика при различных значениях интенсивности освещения

Влияние температуры на точку максимальной мощности иллюстрирует рис. 2, где изображены ВАХ и мощностная характеристика солнечной батареи NP65GK при разной температуре модуля и при постоянной интенсивности излучения равной 100 Вт/м².

Как видно из рис. 2, ВАХ солнечной батареи сдвигается влево и точка максимальной мощности снижается с повышением температуры модуля.

Вольт-амперная характеристика зависит от температуры и освещенности. Рабочий ток и напряжение будут меняться в зависимости от условий окружающей среды. Поэтому необходимо отслеживать точку максимальной мощности по специальному алгоритму.

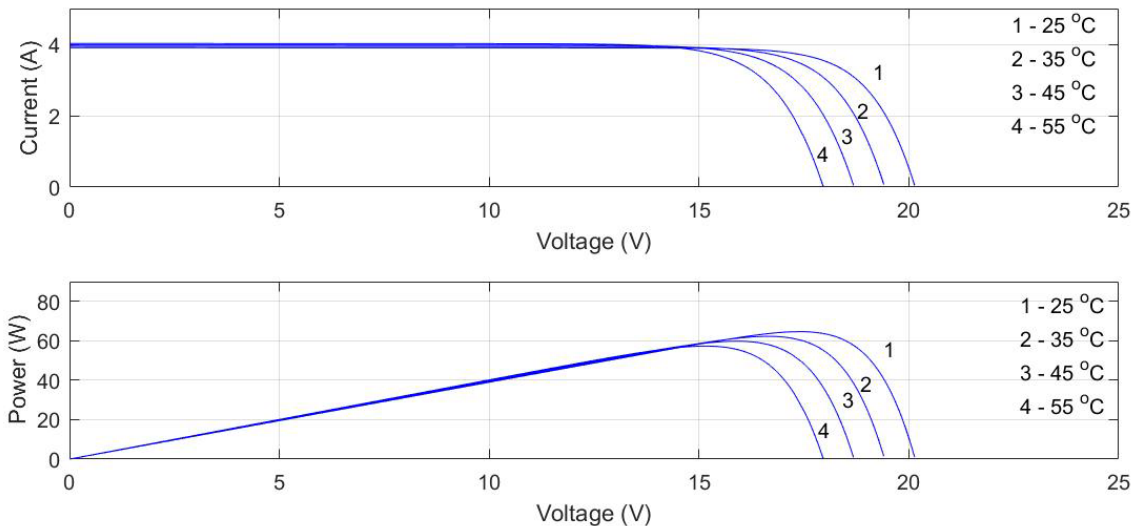


Рис. 2. Графики ВАХ и мощностная характеристика при различных значениях температуры солнечной батареи

Принцип управления точкой максимальной мощности солнечной батареи иллюстрирует рис. 3. На выходе устройства управления располагается широтно-

импульсный модулятор, который изменяет скважность импульсов, поступающих на преобразователь напряжения.

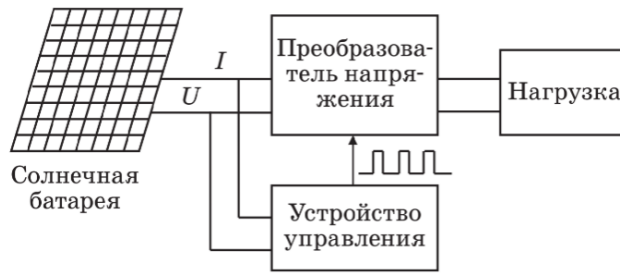


Рис. 3. Схема системы управления солнечной батареей

Задача обеспечения максимальной мощности может решаться с помощью метода возмущения и наблюдения, который предполагает уменьшение или увеличение скважности управляющих импульсов с последующей оценкой изменения выходной мощности [6, 7]. Закон управления можно описать с помощью блок-схемы. Блок-схема изображена на рис. 4.

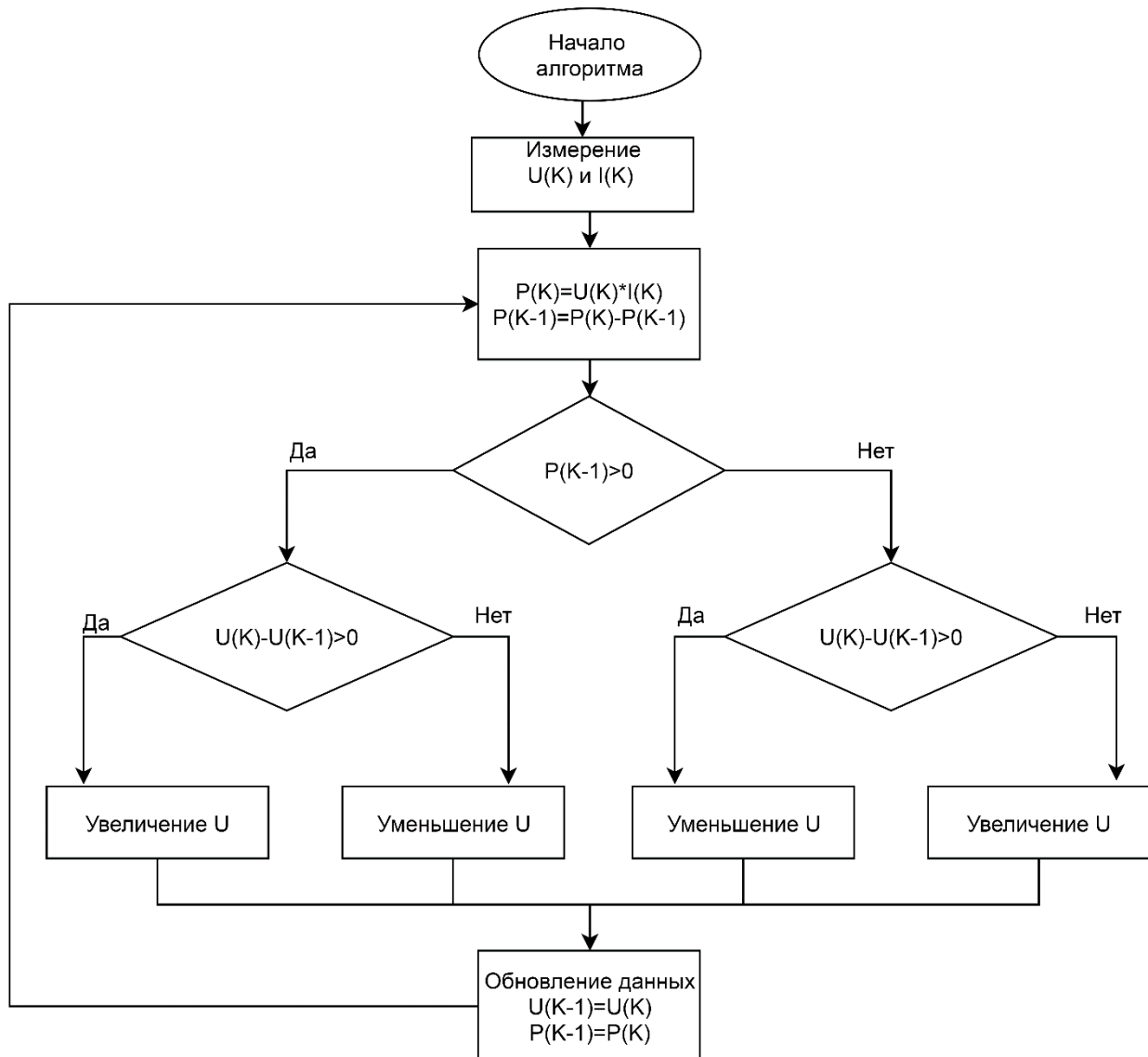


Рис. 4. Блок-схема алгоритма возмущения и наблюдения

В этом методе контроллер регулирует напряжение на солнечной панели на небольшую величину и измеряет мощность, если мощность возрастает, то напряжение продолжают изменять в этом же направлении, до тех пор, пока мощность не перестанет увеличиваться. Из-за простоты реализации – это наиболее часто используемый метод поиска точки максимальной мощности.

Напряжение в ячейке первоначально увеличивается, если происходит увеличение выходной мощности, напряжение постоянно увеличивается, пока выходная мощность не начнет снижаться. После того как выходная мощность начинает уменьшаться, напряжение на ячейке уменьшается до тех пор, пока максимальная мощность не будет достигнута. Процесс продолжается до достижения точки максимальной мощности. Результат представляет собой колебания выходной мощности вокруг этой точки [8].

У этого метода сравнительно простая реализация, небольшая стоимость. А основные недостатки заключаются в том, что этот алгоритм не может определить точную точку максимальной мощности. Это точка будет колебаться вокруг точки максимальной мощности.

Библиографический список

1. Messenger R. A., Ventre J. Photovoltaic Systems Engineering. CRC PRESS, 2004. 435 p.
2. Markvart T. Solar Electricity. Wiley, 2000. 280 p.
3. Winter C. J., Sizmann R. L., Vant-Hull L. L. Solar Power Plants: Fundamentals, Technology, Systems, Economics. Springer-Verlag, 1991. 425 p.
4. Garg H. P. Solar Energy: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Education, 2000. 434 p.
5. Kalogirou S. A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press, 2013. 840 p.
6. Cheikh M. S., Larbes C., Tchoketch G. F. Maximum Power Point Tracking using a Fuzzy Logic Control Scheme. *Revue des Energies Renouvelables*, 2007. Vol. 10(3). Pp. 387–395.
7. Aredes M. A., França B. W., Aredes M. Fuzzy Adaptive P&O Control for MPPT of a Photovoltaic Module. *Journal of Power and Energy Engineering*, 2014, N 2. Pp. 120–129.
8. Пученкин А. В., Регулятор точки максимальной мощности для солнечных батарей // *Состояние и перспективы развития электротехнологии: сб. науч. тр. Иваново: ИГЭУ, 2011.*

УДК 681.513.6+ 681.516

М. В. Медведев

студент кафедры управления в технических системах

В. Ф. Шишляков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ НЕУСТОЙЧИВОГО ОБЪЕКТА И РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возможность управления неустойчивыми техническими объектами теоретически рассматривалась уже давно, несколько десятков лет назад. Но практическое значение управление такими объектами приобрело сравнительно недавно. Дело в том, что неустойчивые объекты управления, если ими правильно управлять, обладают рядом полезных качеств, в том числе и быстродействием. Но при выходе из строя автоматической системы управления неустойчивый объект может представлять собой существенную угрозу, опасность и для человека, и для окружающей среды. В качестве катастрофического примера результатов отключения автоматического управления можно привести аварию на Чернобыльской АЭС. Но по мере того, как системы управления становятся все более надежными, все более широкий круг технических неустойчивых в отсутствие управления объектов используется на практике. Приступать к изучению свойств систем управления неустойчивыми объектами целесообразно на простых примерах, одним из которых является классический обратный маятник. В рассматриваемой задаче положение маятника контролируется тягой двигателей, закрепленных на его конце. А опора маятника неподвижна.

Перевернутый маятник (общего вида) представляет собой маятник, который имеет центр масс выше своей точки опоры, закрепленный на конце жесткого стержня. Часто точка опоры закрепляется на тележке, которая может перемещаться по горизонтали. В то время как нормальный маятник устойчиво висит вниз, обратный маятник по своей природе неустойчивый и должен постоянно балансировать, чтобы оставаться в вертикальном положении, с помощью применения крутящего момента к опорной точке или при перемещении точки опоры по горизонтали как части обратной связи системы.

Физический маятник – это одна из простых и наиболее распространенных физических моделей, представляющая собой груз, колеблющийся на нерастяжимой нити или жестком стержне. Частным случаем такой системы является обратный маятник, который представляет собой неустойчивый физический объект, обладающий двумя положениями равновесия: в нижней и верхней точках. При этом любое сколь угодно малое возмущение способно вывести маятник из верхнего положения равновесия с последующим стремлением его перейти в нижнее положение равновесия. Для стабилизации маятника в верхней точке система может дополняться различными элементами, обеспечивающими обратную связь, – необходимую составляющую системы управления.

Аналитически обратный маятник описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$(M + m)\ddot{x} - ml\ddot{\theta} \cos \theta + ml\dot{\theta}^2 \sin \theta = F,$$

$$l\ddot{\theta} - g \sin \theta = \ddot{x} \cos \theta.$$

Следовательно, на движение системы влияют следующие параметры: масса и длина подвеса маятника и ускорение движения его тележки [1].

Данная система является нелинейной, поэтому ее описание – крайне трудоемкий процесс. Нелинейные системы – колебательные (волновые) системы, процессы в которых не удовлетворяют суперпозиции принципу, в отличие от линейных систем. Все реальные физические системы нелинейны, их можно считать линейными лишь приближенно, при малой интенсивности колебательных и волновых процессов. Математическим образом нелинейных систем являются нелинейные уравнения. Изучением колебательных и волновых процессов в конкретных нелинейных системах занимаются гидродинамика, нелинейная оптика, нелинейная акустика, физика плазмы, а также химия, биология, экология, социология и др.

В то же время многие нелинейные системы совершенно различной природы имеют одинаковое математическое описание. Соответственно, совпадает и характер протекающих в них процессов. Это послужило основой для развития единого подхода к изучению нелинейных систем, позволило выработать базовые модели, образы и понятия и проанализировать основные колебательные и волновые явления в нелинейной системе вне зависимости от их конкретной природы.

Аналитическое описание процессов в такой системе затруднено ввиду отсутствия общих методов решения нелинейных уравнений. Наиболее доступно изучение динамики слабонелинейных систем. Описывающие их уравнения содержат нелинейные члены с малым параметром, что позволяет использовать различные варианты метода возмущений. Нелинейность в таких системах проявляется либо в возникновении малых поправок к решению линеаризованной системы уравнений, получаемой в пренебрежении нелинейными членами, либо, что более важно, в медленном изменении его параметров. При исследовании сильнонелинейных систем, за исключением ограниченного числа точно решаемых случаев, используется численное моделирование.

Выделяют два класса нелинейных систем: консервативные системы, в которых энергия колебательных (волновых) процессов сохраняется, и неконсервативные системы, в которых энергия диссипирует (диссипативные системы) или поступает в систему от внешних источников (активные системы). Прогресс в изучении консервативных нелинейных систем в значительной мере обусловлен возможностью применения к большинству из них аппарата гамильтонова формализма. Во многих практически важных случаях гамильтониан нелинейной системы совпадает с выражением для энергии системы. Известны, однако, консервативные системы, для которых гамильтоново описание не построено [2].

Одним из наиболее универсальных способов описания динамических характеристик систем, взаимосвязанных в процессе работы, является описание с помощью дифференциальных уравнений, о которых уже говорилось ранее. Этим способом можно описывать как линейные, так и нелинейные системы. Передаточная функция – наиболее употребительный способ описания динамических характеристик систем с постоянными коэффициентами. Если параметры системы сосредоточены, то ее передаточная функция имеет вид дробно-рациональной функции [3].

Также для описания стабильности системы можно применить критерий Попова.

Задача стабилизации сегодня особенно актуальна. Во флоте необходима стабилизация судна при качке, в авиации – стабилизация летательного аппарата, а также стабилизация полета ракет.

Алгоритмов управления такой системой существует немало, будь то регуляторы, нейронные сети или же нечеткая логика. Наш алгоритм должен работать в режиме реального времени, соответственно, решается аналог задачи динамического позиционирования. Система реального времени – это система, реагирую-

щая на внешние изменяющиеся возмущения по мере их появления. Для реализации регулятора будет использована среда визуального программирования *Lab VIEW*, в которой будет выполнена программа, реализующая прием данных с датчика угла поворота и выработку управляющего воздействия, а также передачу управляющих воздействий на двигатели станда. Система, как и входящие в конструкцию элементы, получается нелинейная. Реализована 3D-модель станда в пакете прикладных программ *AutoDesk Inventor* (рис. 1).

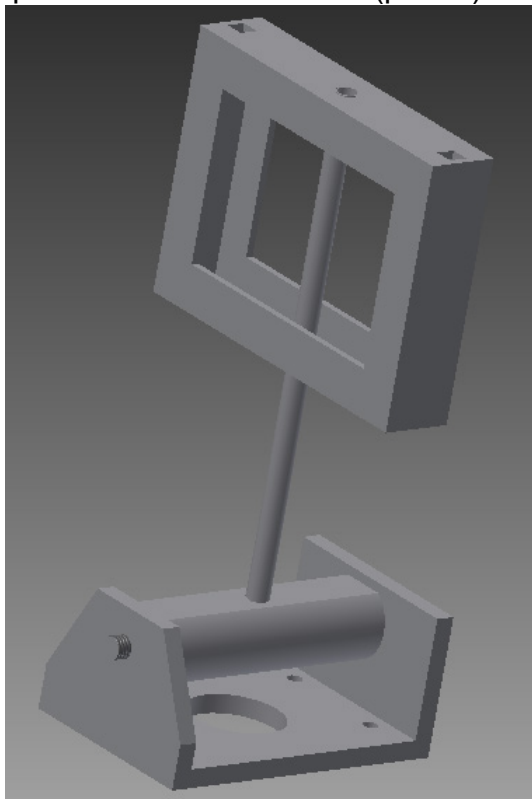


Рис. 1. Макет станда для исследования системы стабилизации неустойчивого объекта

Разработку начали с основания (рис. 2), оно выполнено из стали с толщиной стенки 4 мм для достижения жесткости конструкции. Имеет площадку и отверстия для крепления к плате, на которой будут располагаться все остальные элементы управления стандом.

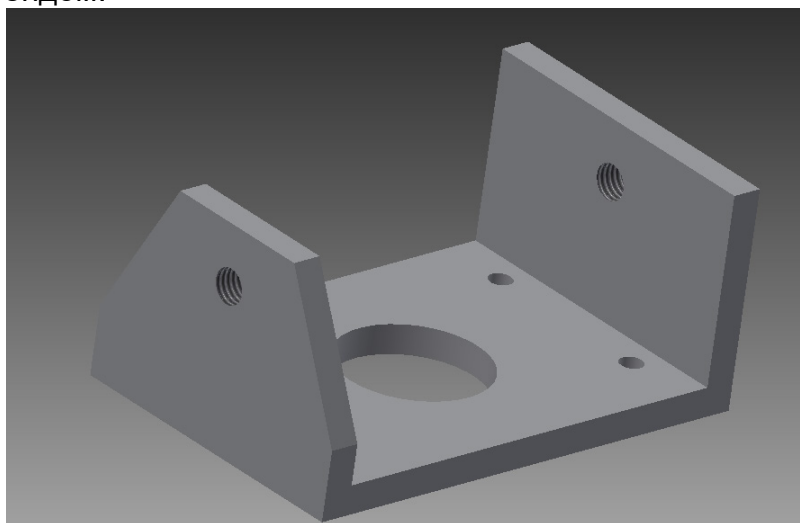


Рис. 2. 3D-чертеж основания, выполненный в программе *Inventor*

На рис. 3 показана фотография заготовки основания, теперь необходимо срезать углы одной из стенок и окрасить.



Рис. 3. Заготовка для основания

Далее мы перешли к разработке подвижной оси (рис. 4–5), которая крепится стопорными винтами (рис. 6) через основание. Ось, выполненная из латуни, имеет углубления в боковых гранях для подшипников (рис. 7), позволяющие ей беспрепятственно поворачиваться в основании, и отверстие для вертикальной штанги (рис. 8).

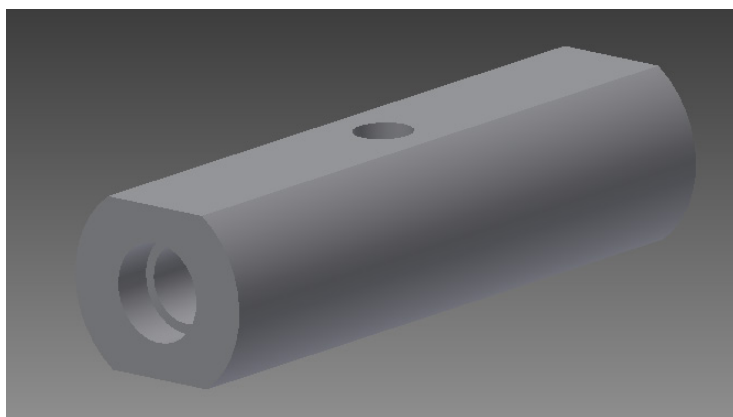


Рис. 4. 3D-чертеж оси, выполненный в программе *Inventor*

На рис. 6 показана 3D-модель стопорного винта. Используется пара таких винтов для крепления оси в центре основания, по одному с каждой стороны. Для предотвращения откручивания винтов от вибрации предусмотрены гайки.

Подшипники, позволяющие оси свободно поворачиваться в основании, нарисованы схематично.

Далее представлен чертеж штанги (рис. 8), на которой крепится устройство фиксации двигателей. Длина штанги составляет 500 мм, что позволяет закрепить на нее дополнительные элементы, позволяющие сместить центр тяжести верхней точки стенда в сторону одного из двигателей. Это поможет изучить процессы, проходящие в установке с большим количеством вариантов размещения массы. Наружный диаметр штанги 6 мм, деталь сделана из латуни.

Рамка крепления кронштейнов (рис. 9–10) выполнена из дюрала (для облегчения конструкции), имеет сквозное отверстие под штангу и отверстия под кронштейны двигателей.

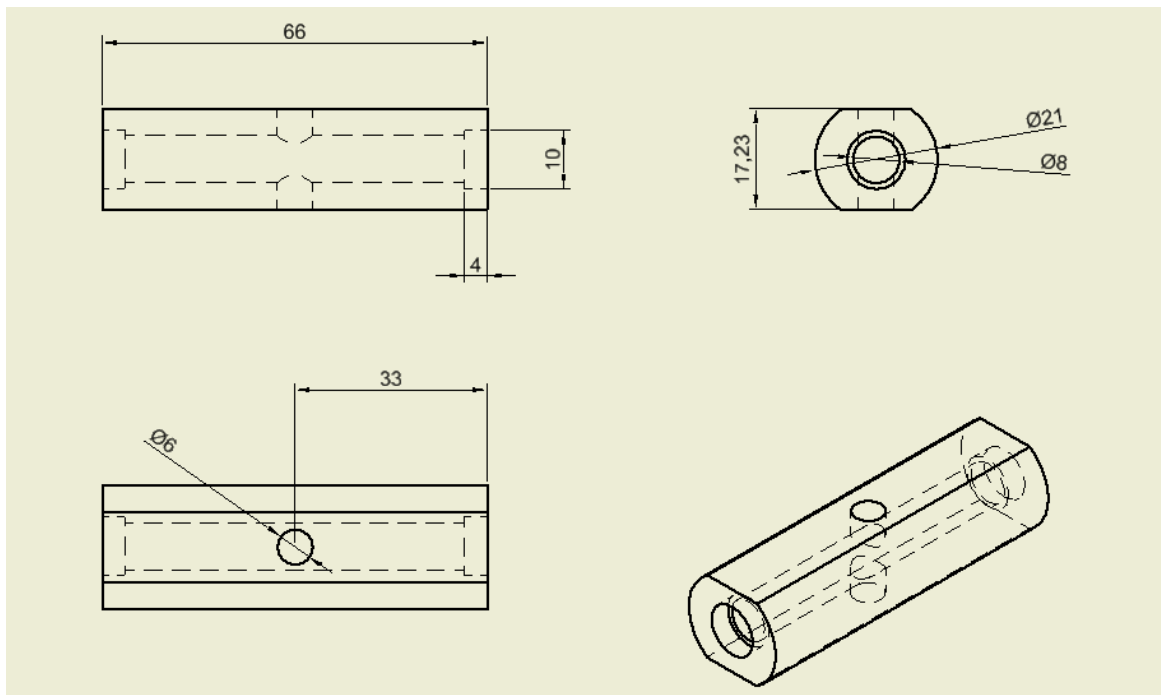


Рис. 5. Рабочий чертеж оси, выполненный в программе *AutoCad*

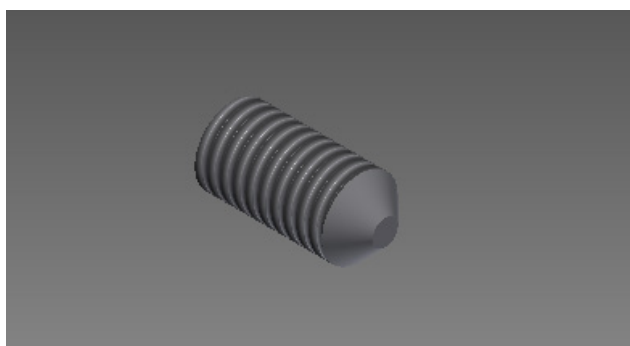


Рис. 6. 3D-чертеж стопорного винта, выполненный в программе *Inventor*

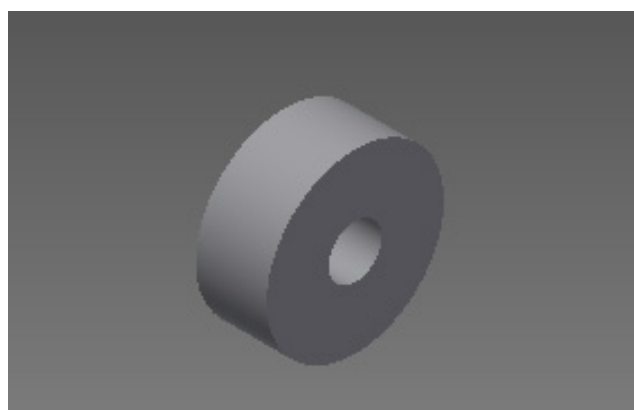


Рис. 7. 3D-чертеж подшипника, выполненный в программе *Inventor*

Данная конструкция крепится на штанге с помощью резьбовой втулки с резиновым кольцом, которая играет роль цанги. При закручивании втулки резиновое кольцо плотно обжимает штангу, фиксируя конструкцию.

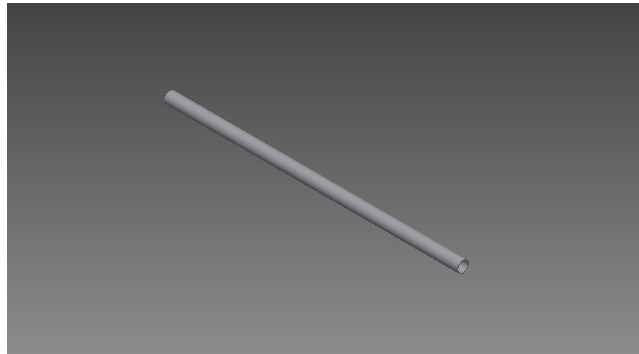


Рис. 8. 3D-чертеж штанги, выполненный в программе *Inventor*

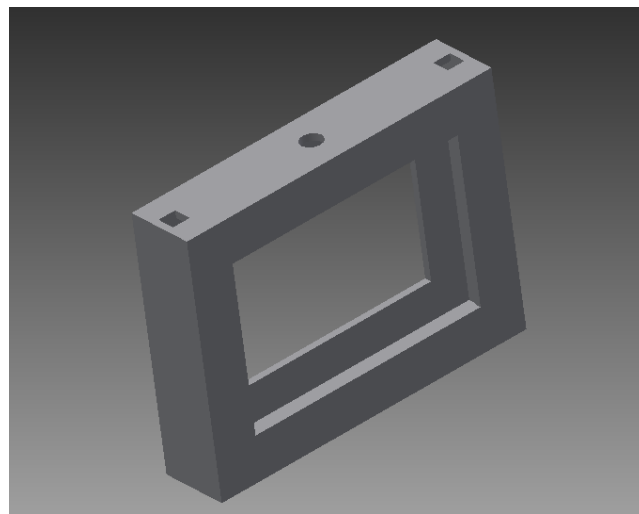


Рис. 9. 3D-чертеж рамки крепления кронштейнов, выполненный в программе *Inventor*

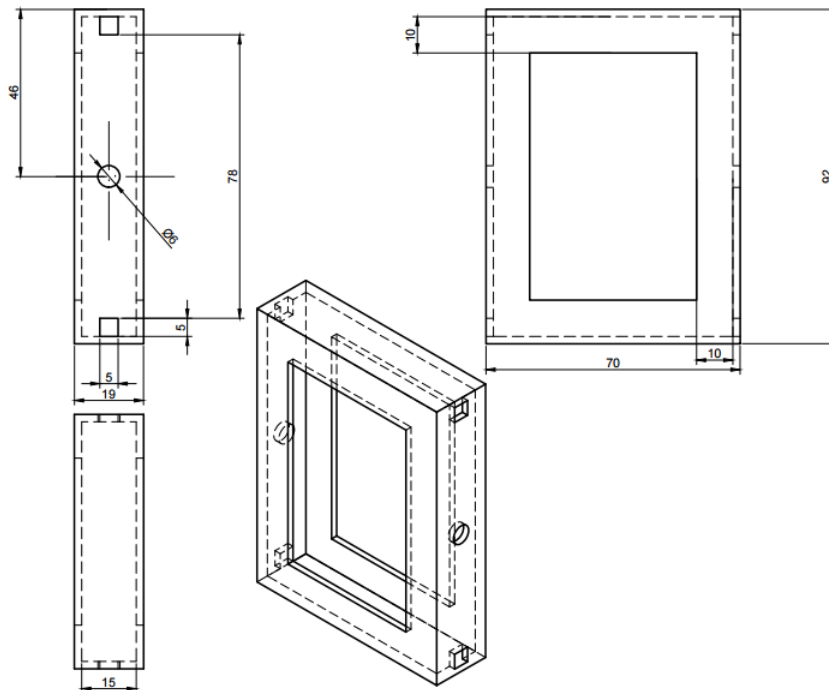


Рис.10. Рабочий чертеж рамки крепления кронштейнов, выполненный в программе *AutoCad*

На рис. 11 и 12 показан стенд в сборе, в рамку вставлены кронштейны с двигателями, и стенд готов к первому запуску.



Рис. 11. Стенд в сборе



Рис. 12. Стенд в сборе

Дальнейшая работа со стендом заключается в разработке программного обеспечения для адекватного функционирования всей системы в целом.

Библиографический список

1. Официальный сайт Российской академии естествознания. Обратный маятник. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40326> (дата обращения: 17.01.2017).
2. Официальный сайт Энциклопедии физики и техники. Нелинейные системы. URL: http://femto.com.ua/articles/part_2/2458.html (дата обращения: 26.01.2017).
3. Официальный сайт «Справочник Химика 21». Способы описания динамических характеристик систем. URL: <http://chem21.info/info/1525080/> (дата обращения: 01.03.2017).
4. Федосеев Б. Т. Управление неустойчивыми объектами. URL: http://model.exponenta.ru/bt/bt_152_Inv_Pend_control_1.htm (дата обращения: 08.03.2017).

УДК 66-963

М. А. Мезенцев

студент кафедры управления в технических системах

Е. Ю. Ватаева – ассистент кафедры управления в технических системах – научный руководитель

ШОКОВАЯ ЗАМОРОЗКА

Сейчас в любом супермаркете можно найти огромное количество замороженных полуфабрикатов, овощей и фруктов. Заморозке подвергаются многие продукты: рыбные, мясные, кондитерские, хлебобулочные, даже первые и вторые блюда. Прежде всего, это очень удобно как для покупателей, так и для производителей. Люди без особых затрат времени могут приготовить хорошее и вкусное блюдо. А что касается производителей, то для них замороженная продукция очень выгодна. Не нужно тратиться на большое количество персонала, да и практически нет нереализованного товара, а значит, снижаются убытки и доход растет. Для охлаждения продуктов в настоящее время используется шоковая заморозка.

Шоковая заморозка – это заморозка продукта за самое минимальное время в потоке холодного воздуха или жидкости, производится в различных холодильных камерах. Процесс замораживания продукта происходит при разных температурах:

- +20 до 0°С (происходит охлаждение продукта, снижение его температуры равно количеству отданного тепла);
- от 0 до –5°С (охлаждаемый продукт переходит из жидкой фазы в твердую, температура снижается незначительно, отбор тепла происходит сильнее, 70% фракций продукта кристаллизуется);
- от –5 до –18°С (окончательная заморозка продукта).

При шоковой заморозке наблюдается образование кристаллов льда размером, одинаковым с молекулами воды. При этом структура продукта абсолютно не разрушается, а после размораживания в пище полностью сохраняются исходные свойства [1].

Говоря о шоковой заморозке, ведется речь не о каком-либо конкретном наборе технологического оборудования – самым важным является достижение результата микрокристаллизации влаги. Именно поэтому осуществляется это в обычном морозильнике либо производится путем охлаждения жидким азотом – всегда зависит от каждой конкретной ситуации.

Примером стандартной технологии замораживания являются низкотемпературные холодильные камеры, способные охлаждать продукт от –18 ÷ –24°С. Период замораживания в них начинается от 2,5 часов и более. Самым важным фактором является время, поскольку существует тесная взаимосвязь между качеством продукта и периодом замораживания. От времени также зависит размер кристаллов льда, ферментативные и структурные изменения в продуктах. В основе шоковой заморозки лежит метод отбора тепла у продукта путем понижения температуры окружающей среды до –30 ÷ –35°С. В роли хладоносителя в камере выступает воздух, который интенсивно обдувает продукт. Стоит отметить, что дальнейшее понижение температуры не имеет смысла, поскольку это приводит к увеличенным деформациям продукта и неоправданным затратам мощности.

В отличие от обычного замораживания, шоковая заморозка обладает следующими преимуществами:

- уменьшение периода замораживания в 3–10 раз;
- сокращение потерь продукта в 2–3 раза;

- снижение производственной площади в 1,5–2 раза;
- сокращение производственного персонала на 25–30%;
- снижение периода окупаемости на 15–20%.

Преимуществом применения шоковой заморозки также является ее общее время замораживания. Так, для обычной технологии период замораживания котлет и пельменей составляет 2,5 часа, притом как для быстрого замораживания достаточно 20–35 минут [2].

Структура тканей при шоковой заморозке продукта высокая скорость охлаждения позволяет быстро совершить переход из жидкой фазы в твердую. При этом образуются кристаллы льда небольшой формы, в результате форма продукта остается практически без изменения, чего не наблюдается при других методах заморозки.

В настоящее время в промышленном масштабе для замораживания пищевых продуктов используются: жидкий азот, диоксид углерода и хладон. Основными преимуществами криогенного метода являются: малая продолжительность процесса, сохранение качества продукта, минимальные потери его массы за счет усушки без применения специальных упаковочных материалов. Наибольшее распространение для замораживания штучных продуктов получил жидкий азот, обладающий относительной инертностью, низкой температурой и высокими термодинамическими свойствами. Замораживание пищевых продуктов жидким азотом в настоящее время осуществляется способами погружения и орошения.

Способ погружения продукта в жидкий азот применяется в основном для замораживания продуктов, имеющих сферическую форму, или для продуктов других форм, предназначенных для дальнейшего дробления: это объясняется возникновением внутреннего напряжения в продукте, что приводит к образованию трещин. Отрицательным моментом данного метода является возможность накопления жидкого кислорода в ванне с жидким азотом, что может привести к самовозгоранию по мере испарения последнего.

С целью уменьшения расхода жидкого азота для замораживания используют метод орошения азота на продукт, который оказался более экономичным по сравнению с погружением. Для этой цели используются различного вида форсунки с большим конусом факела, которые могут производить распыление жидкого азота в мелкодисперсное состояние. Способ орошения предусматривает использование паров азота для предварительного охлаждения продукта и выравнивания температуры по объему [3]. В этом случае холодопроизводительность 1 кг азота состоит из количества теплоты, отводимой жидким азотом от продукта при переходе его в газообразное состояние, и дополнительного количества теплоты, образующейся при нагревании паров азота до температуры, с которой азот выходит из морозильного аппарата:

$$q = r + C_n(t_n - t_\alpha),$$

где r – теплота парообразования азота, кДж/кг; C_n – теплоемкость паров азота, кДж/кг; t_n – выходная температура паров азота, °С; t_α – температура кипения жидкого азота, °С.

Так, например, при температуре отходящих паров минус 50 °С 1 кг азота поглощает 83,5 кДж теплоты. Расход азота зависит главным образом от теплосохранения замораживаемого продукта, степени использования холодильного потенциала паров азота, величины постоянных потерь за счет теплопритоков извне, расхода азота на охлаждение аппарата в начале работы. На величину расхода азота большое влияние оказывает коэффициент полезного действия скороморозильного аппарата и вид замораживаемого продукта. Продукты больших разме-

ров обеспечивают более высокий КПД аппарата, так как при этом возможна более высокая производительность и сумма постоянных потерь распределяется на большее количество замороженного продукта.

Коэффициент полезного действия азотных скороморозильных аппаратов, использующих способ орошения продукта азотом, находится на уровне 0,7... 0,85, при этом наряду с потерями внутри аппарата учитываются потери в резервуаре для хранения жидкого азота в магистральных трубопроводах. Рассматривается себестоимость замораживания штучных пищевых продуктов различными методами: воздушным (периодическое в туннеле и непрерывное на конвейере), контактным (в горизонтальных многоплиточных аппаратах) и криогенным (с помощью жидкого азота). Сопоставление различных систем замораживания (таблица) производится для холодильных установок производительностью 500... 1000 кг/ч при температуре загрузки плодов и овощей 20 °С, готовых блюд 50 °С и конечной температуре минус 20 °С. Продолжительность работы установки в смену 7 ч.

Сопоставление различных видов замораживания

Вид расходов	Себестоимость (%) различных систем замораживания			
	Воздушное замораживание		Горизонтальный плиточный аппарат	Азотный морозильный аппарат
	Туннель периодического действия	Непрерывный конвейерный аппарат		
Заранее установленные издержки	37,0	34,7	39,3	3,6
Расходы на ремонт и уход за оборудованием	17,5	16,4	14,3	1,3
Эксплуатационные расходы	45,5	48,6	46,4	95,1
Энергия и вода	17,5	29,3	20,5	0,1
Расходы на заработную плату	25,6	18,0	24,4	2,7
Добавочные расходы	2,4	1,3	1,5	0,2
Расходы на азот	–	–	–	92,1
ИТОГО	100	100	100	100

Процент потери массы продукта при промышленном замораживании составляет примерно:

Анализ показывает, что стоимость замораживания азотным методом зависит только от расхода азота. Одним из преимуществ использования азота для замораживания пищевых продуктов является снижение потерь за счет усушки.

Библиографический список

1. Gilkey J. Freezing tissue review. J Electron Microscop Tech. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4636127/> (дата обращения: 11.04.2018).
2. A Simple method for quick – freezing. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4636126/> (дата обращения: 11.04.2018).
3. Промышленное холодильное оборудование. URL: <http://akvilon-holod.ru/shokovaya-zamorozka/shokovaya-zamorozka-azotom/> (дата обращения: 11.04.2018).

УДК 004

А. А. Михайлов

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРЕДМЕТНОЙ 3D-ФОТОСЪЕМКИ

Предметная 3D-фотосъемка – это фотографирование объектов, вращающихся на 360 градусов с применением определенного количества сделанных рабочих кадров. Такая фотосъемка позволяет максимально точно передать необходимую визуальную информацию о предмете для более полного восприятия и оценки.

Принцип заключается в использовании поворотного станда, на котором размещается объект фотографирования. Делается стартовый снимок, затем платформа поворачивается на некоторый угол, делается новый снимок, и так далее. Угол поворота зависит от желаемого количества кадров за полный оборот.

Объемная предметная фотосъемка больше всего находит свое применение в сфере рекламы, а также набор рабочих кадров с помощью специального программного обеспечения можно преобразовать в цифровую 3D-модель. Для 3D-сканирования можно использовать и сам поворотный стенд, разместив на нем объект сканирования и используя стационарный 3D-сканер. В некоторых системах трехмерного сканирования уже предусмотрены такие столы.

Поворотный стенд, описываемый в данной статье, способен работать как в режиме непрерывного вращения по часовой стрелке или против часовой стрелки, так и в режиме объемной фотосъемки. Отличие от большинства существующих систем состоит в том, что при получении серии кадров используется смартфон, подключаемый к устройству через разъем для наушников.

За основу корпуса станда были взяты настенные часы (рис. 1), а в качестве вращающейся поверхности использована стеклянная круглая разделочная доска. Все остальные элементы конструкции (фланцы, подшипники, зубчатый редуктор, крепление вращающейся поверхности к оси вращения, панель управления платформой и т. д.) спроектированы в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks и распечатаны на 3D-принтерах (рис. 2).



Рис. 1. Основа станда – настенные часы

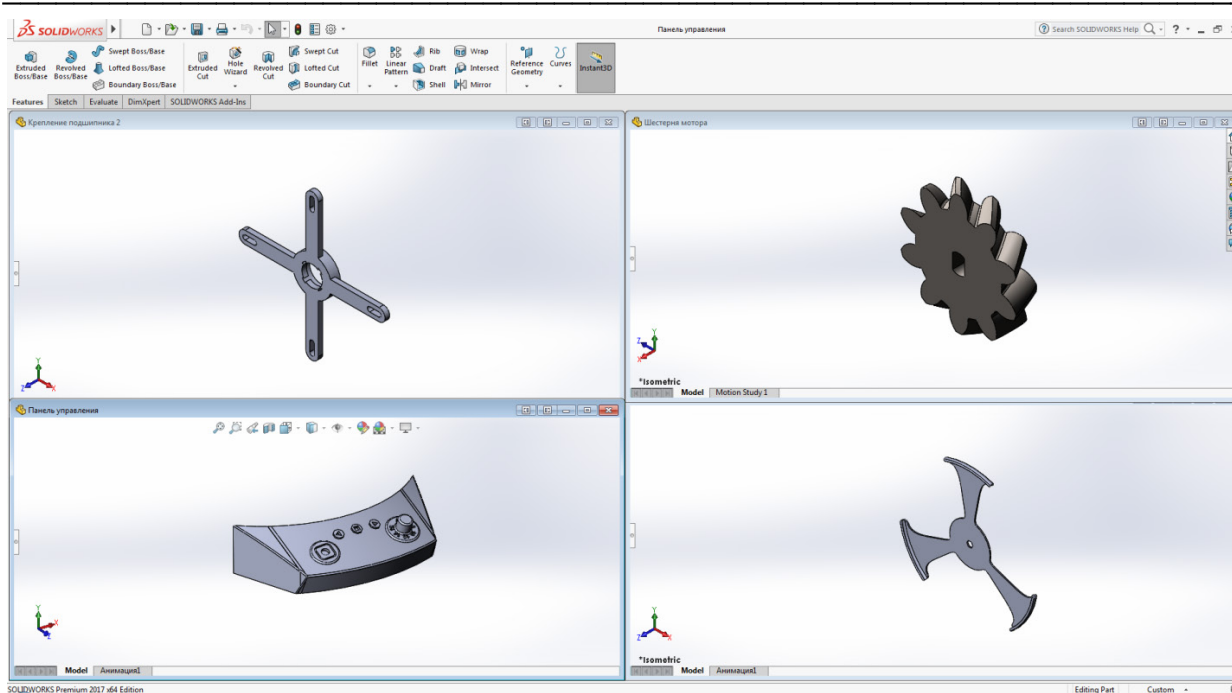


Рис. 2. Проектирование печатных элементов в *SolidWorks*

Ось вращения крепится к корпусу через подшипники во фланцах. Для передачи вращательного движения от мотора используется понижающий редуктор с косыми зубьями. Это сделано для устранения возможного люфта между шестерней и ведомым колесом. Мотор используется шаговый, поскольку он позволяет поворачивать платформу точно на определенный угол (рис. 3).

Крепление вращающейся поверхности к оси было решено осуществить с помощью специального зажима, в который плотно вставляется разделочная доска. На зажим установлены 3 опорных подшипника, чтобы частично снять нагрузку с подшипников и придать устойчивость платформе.

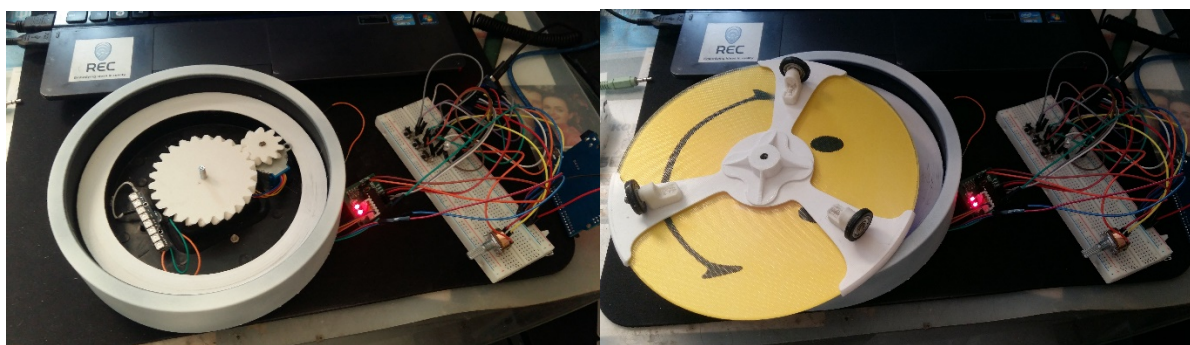


Рис. 3. Сборка станда и проверка электроники

После сборки механической части началось проектирование электроники и программной составляющей. Управляет поворотным стандом плата Arduino Pro Micro на микроконтроллере ATmega32U4. Шаговый двигатель используется 28BYJ-48 с драйвером ULN2003. Для плавной и красивой индикации режимов работы станда используется модуль из 8 светодиодов WS2812 с чипом адресной индикации. Устройства ввода: микрокнопки и потенциометр. Для связи со смартфоном использована мобильная проводная гарнитура с микрофоном максимальной громкости. Стенд «имитирует» нажатие кнопки громкости через транзисторную оптопару PC817B.

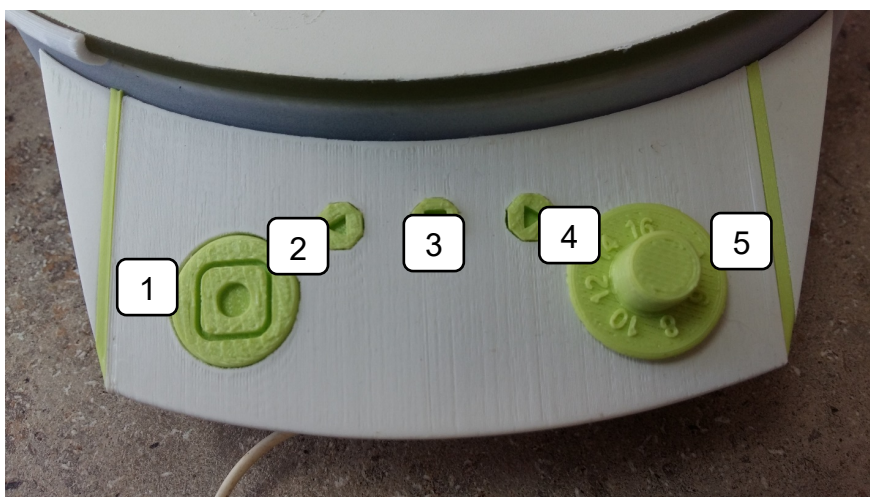


Рис. 4. Панель управления стендом

Краткое описание режимов работы:

При нажатии на кнопку 2 или 4 (на рис. 4) программа переходит в режим непрерывного вращения против часовой или по часовой стрелке, в зависимости от нажатой кнопки. Потенциометром 5 регулируется скорость вращения платформы. В это время светодиодная лента изображает эффект «бегущий огонь» зеленого цвета, направление и скорость движения которого зависит от направления и скорости вращения стола.

Кнопка 3 прекращает вращение и переводит стенд в режим ожидания, при этом светодиоды плавно мигают белым цветом.

Кнопка 1 – режим 3D-фотосъемки. Количество кадров регулируется потенциометром 5 до нажатия на кнопку 1, после нажатия и до завершения алгоритма показания потенциометра и нажатия на другие кнопки игнорируется. В данном режиме стенд поворачивает платформу на определенный угол в зависимости от заданного количества снимков, с цифрового пина платы на оптопару подается логическая 1, тем самым замыкая контакты кнопки на гарнитуре (сигнализируется красной подсветкой), делается пауза в 1,5 секунды, чтобы смартфон сфокусировался и сделал снимок, и затем процесс повторяется, пока не будет сделан полный оборот стола. По завершению алгоритма программа переходит в режим ожидания. Поворотный стенд в сборке показан на рис. 5.



Рис. 5. Поворотный стенд в сборке



Рис. 6. Демонстрация работы мобильной системы предметной 3D-фотосъемки

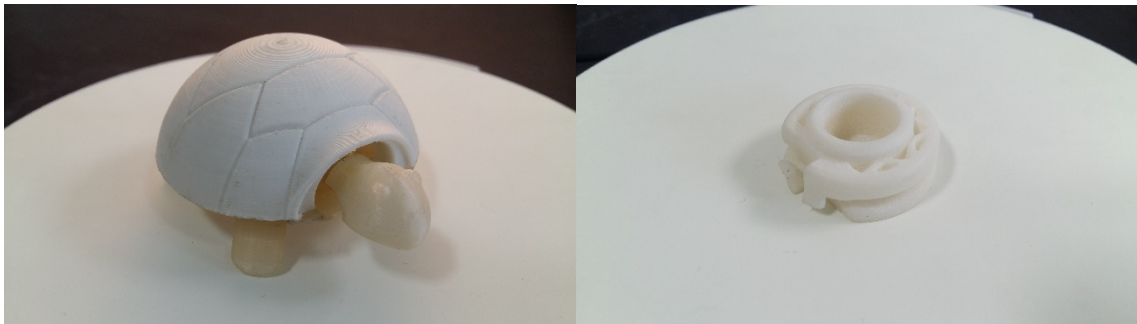


Рис. 7. Примеры фотографий

Демонстрация работы мобильной системы предметной 3D-фотосъемки и примеры работы показаны на рис. 6 и 7 соответственно.

Библиографический список

1. Описание платы Arduino Pro Micro URL: <http://zetsila.ru/%D0%BA%D0%> (дата обращения: 14.04.2018).
2. База знаний по программированию Arduino URL: <http://arduino.ru/> (дата обращения: 18.04.2018).
3. Форум по Arduino URL: <https://arduino-master.ru> (дата обращения: 10.04.2018).

УДК 621.3

А. Б. Наумов

студент магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ 10-20 КВ.
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ**

Генераторные выключатели составляют основу оборудования электростанции, осуществляя защиту и генератора, и силового трансформатора. Условия работы таких аппаратов отличаются от условий работы обычных выключателей переменного тока. Соответственно и требования, предъявляемые к выключателям, установленным в цепях генераторов, имеют свои особенности.

Генераторный выключатель необходим для:

- повышения надежности электроснабжения собственных нужд (СН) энергоблока и, в первую очередь, АЭС и ТЭЦ;
- отключения коротких замыканий при возникновении их на генераторном напряжении;
- снижения объема повреждения и предотвращения развития аварии в случае возникновения короткого замыкания в обмотке низшего напряжения трансформатора блока;
- повышения гибкости в управлении энергоблоком.

Генераторные выключатели имеют существенные особенности, затрагивающие условия и режимы работы. На них в полной мере не распространяются требования национальных и международных стандартов по выключателям, которые применяются в электросетях.

К особенностям генераторных выключателей можно отнести:

- большое число ступеней значений номинальных токов и напряжений;
- высокое содержание апериодической составляющей в токе короткого замыкания от генератора;
- большие значения параметров восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя и, в первую очередь, при отключении системы от короткого замыкания в сети;
- коммутация в режиме рассогласования фаз; например, при неправильной синхронизации, выпадении генератора из синхронизма и работе защиты от потери возбуждения;
- высокий механический ресурс, особенно для гидростанций и станций, работающих в пиковом режиме, таких как ГАЭС;
- высокий коммутационный ресурс по нагрузочным токам для гидростанций и ГАЭС, особенно при работе синхронной машины в режиме двигателя (насоса).

На первых этапах развития энергетики генератор электростанции соединялся со сборными шинами генераторного напряжения или повышающим трансформатором. Электроэнергия, вырабатываемая генераторами, выдавалась в сеть 110 кВ или 220 кВ через повышающий трансформатор. Генераторные выключатели в таких случаях не применялись. Такой принцип конструирования распределительного устройства (РУ) использовался до второй половины 60-х гг. К концу 60-х, началу 70-х гг. мощность турбогенераторов возросла до 500 МВт и более. Вырабатываемая этими генераторами энергия стала выдаваться в сети с напряжением 330–500 кВ. Для облегчения эксплуатационного разграничения функций производства и передачи энергии, а также получения существенного технико-экономического эффекта появилась целесообразность применения генераторного выключателя. По этим

же причинам при реконструкции электростанций, работавших ранее без генераторного выключателя, предусматривается установка этих выключателей.

Сегодня широко используется установка генераторных выключателей между генератором и стороной низкого напряжения повышающего трансформатора, так как это обеспечивает лучшую защиту от перенапряжений. Одна из основных причин установки таких выключателей – улучшенная защита, которую он обеспечивает как для генератора, так и для повышающего трансформатора от повреждений от токов короткого замыкания, разбаланса нагрузки и несогласования фаз.

Однако установка выключателя между генератором и повышающим трансформатором тем не менее оказывает влияние на тип и величину возникающих перенапряжений.

На сегодняшний день на многих электростанциях большой мощности в цепях главных выводов генераторов установлены воздушные генераторные выключатели типа ВВГ-20 и разъединители типа РВП(З)-20, уже выработавшие свой ресурс. Некоторые из таких генераторов решено отремонтировать и модернизировать, другие же решено заменить на более современные российские и зарубежные установки. Например, на Саяно-Шушенской ГЭС эти аппараты были заменены на элегазовые генераторные выключатели зарубежного производства. Такое решение требует больших единовременных финансовых вливаний, которые могут позволить себе далеко не каждый потребитель.

Новейшей передовой разработкой станет генераторный выключатель на основе защитного размыкателя с взрывным приводом, разработанный на отечественном предприятии НИИЭФА им. Д. В. Ефремова.

В настоящее время разработана концепция этого генераторного выключателя и вариант его реализации.

Перспективный прототип выключателя уже в настоящий момент не уступает традиционным аналогам в части параметров, таких как номинальный ток, максимальный ток отключения, токи электродинамической и термической стойкости. Преимуществом данного генераторного выключателя является факт того, что конструкция защитного размыкателя легко масштабируется в область больших токов и напряжений. Основной задачей на этапе проектирования данного выключателя является доведение конструкции до требуемых значений рабочего и испытательных напряжений, а также обеспечение физических интерфейсов с генераторными токопроводами и реализация функции включения генератора в сеть.

Однолинейная схема комплекса перспективного генераторного выключателя показана на рис. 1.

Рабочим элементом коммутирующей части размыкателя является тонкостенный токопроводящий цилиндр, заполненный жидким диэлектриком (для систем с длительным протеканием тока диэлектриком служит проточная деминерализованная вода), который разрушается в результате детонации заряда взрывчатого вещества, расположенного по его оси.

Разрушение токопроводящего цилиндра происходит вдоль заранее нанесенных проточек, являющихся концентраторами напряжений, которые разделяют тело цилиндра на множество кольцевых секторов. Кольцевые сектора, образовавшиеся после разрыва проточек, обжимаются давлением продуктов детонации вокруг ограничительных колец, расположенных снаружи цилиндра, в результате чего образуется множество промежутков, которые заполняются водой под давлением в несколько сотен атмосфер. От количества и длины таких промежутков зависит коммутационная способность защитного размыкателя.

Деминерализованная вода в этой конструкции имеет несколько функций – с одной стороны она обеспечивает охлаждение токопроводящего цилиндра, а с дру-

гой – выступает средой для передачи ударной волны, а также, являясь несжимаемой жидкостью, позволяет существенно повысить давление продуктов детонации на стенки разрываемого цилиндра. После разрушения токопроводящего цилиндра вода обеспечивает гашение электрической дуги, возникающей в местах его разрыва.

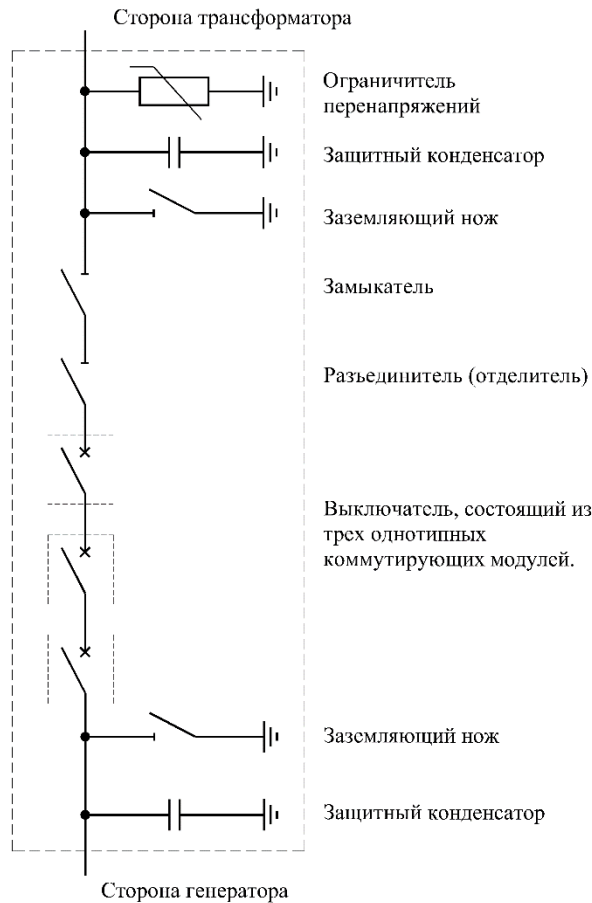


Рис. 1. Однолинейная схема комплекса генераторного выключателя, разрабатываемого НИИЭФА им. Д. В. Ефремова

Типовые осциллограммы токов и напряжений, возникающих в процессе коммутации защитного размыкателя, показаны на рис. 2.

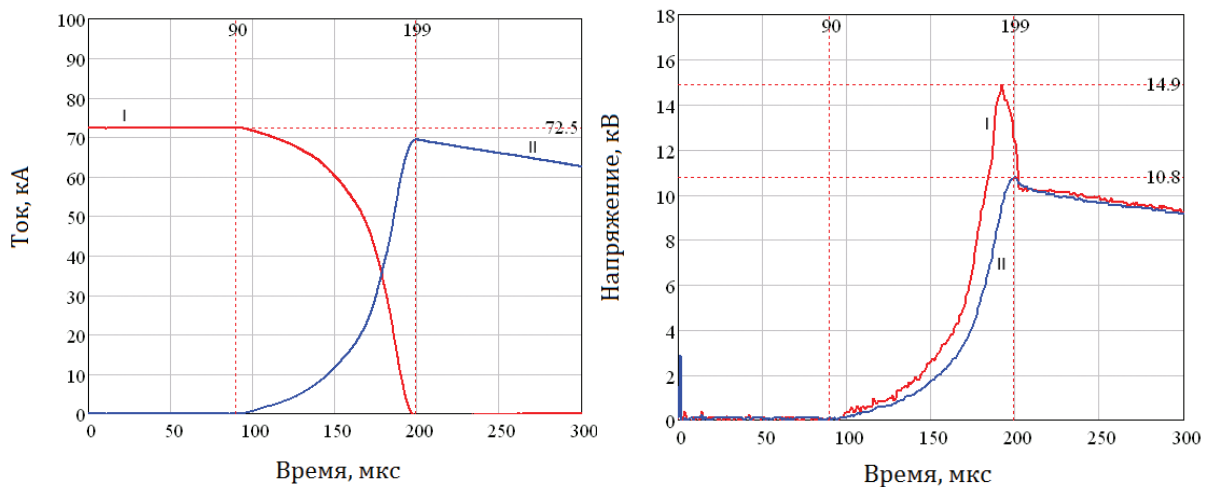


Рис. 2. Типовые осциллограммы токов и напряжений:
 I – ток и напряжение в цепи защитного размыкателя;
 II – ток и напряжение в цепи энергопоглощающего резистора

Библиографический список

1. Афанасьев В. В. Конструкции выключающих аппаратов. Л.: Энергия, Ленингр. отд., 1969. 640 с.
2. Афанасьев В. В., Вишневский Ю. И. Воздушные выключатели. Л.: Энергия, Ленингр. отд., 1981. 384 с.
3. URL: <http://forca.ru/knigi/arhivy/generatornyye-vyklyuchateli-i-kompleksy-28.html> (дата обращения: 22.01.2018).
4. Еникеев Р. Ш. Техническое предложение по разработке генераторного выключателя для нужд АЭС и традиционной энергетики на основе защитного размыкателя с взрывным приводом. 2017. 10 с.

УДК 005

Д. Х. Нгуен, П. М. Черноусова

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ УСЛОВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

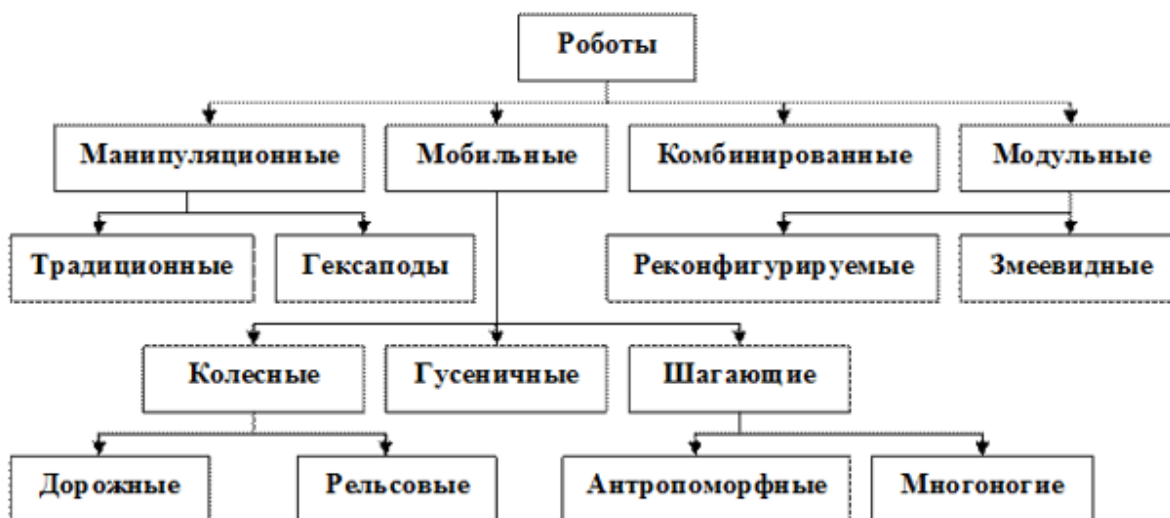
Введение

На сегодняшний день существуют различные сферы применения робототехнических систем: промышленная, строительная, военно-оборонительная, транспортная, бытовая и многие другие. Робототехнические средства могут быть разделены на множество типов и видов. На данный момент не существует единой общепринятой системы классификации такого рода систем. Данная проблема связана с тем, что по мере развития робототехнических систем происходят различные изменения их технического оснащения и параметров. Также для классификации данных средств необходим научно-технический обоснованный выбор признаков, соответствующих определенным особенностям робототехнической системы. Например, в случае с промышленными робототехническими системами классификацию можно произвести по следующим признакам: по типу системы управления, технологическому назначению, типу кинематической схемы, грузоподъемности и другим признакам.

Классификация робототехнических систем

Одним из основных критериев для классификации роботов является тип выполняемой работы, так как большинство робототехнических систем прежде всего отличается своим предназначением и только потом особенностями конструкции, функциональностью и другими параметрами.

Основываясь на работах [1, 2], можно выделить несколько основных типов роботов: промышленные, строительные, транспортные, сельскохозяйственные, бытовые, военные, исследовательские. По способу управления: с программным управлением, с адаптивным управлением, с интеллектуальным управлением. По типу привода: электрический, гидравлический, пневматический, пневмогидравлический. По типу управления: автономные (автоматические), биотехнические.



Виды и типы робототехнических средств

В целом по критерию использования в различных сферах деятельности роботы делятся на три группы: человекоподобные, информационные, промышленные. Далее рассмотрим одну из возможных схем базовой классификации основных робототехнических средств, которая представлена на рисунке [3].

На рисунке представлено многообразие робототехнических средств, которое позволяет разделять их на множество типов и подтипов. Необходимо учитывать, что сегментация робототехнических изделий довольно условна. Развитие робототехники влечет за собой появление новых продуктов, дополняя существующие системы другими характеристиками и параметрами, что только усложняет классификацию.

Далее рассмотрим наиболее распространенные промышленные робототехнические системы, их составляющие и характеристики.

Промышленные роботы

Основными признаками, по которым классифицируются промышленные роботы являются: грузоподъемность, тип выполняемой операции, тип привода, способы управления и программирования, радиус действия, базовая система координат, возможность передвижения.

По выполняемой технологической операции промышленные роботы подразделяют на: универсальные (различные операции в зависимости от захвата), сборочные (сборка комплектующих, используется в электронной, автомобильной промышленности), сварочные (дуговая, точечная, сварка трением), окрасочные (нанесение лакокрасочных покрытий, напыление), обрабатывающие, транспортные, обслуживающие, для паллетирования.

По грузоподъемности различают: легкие (от 1 до 10 кг), средние (от 10 до 200 кг), тяжелые (от 200 кг до 1000 кг), сверхтяжелые (более 1000 кг).

По типу базовой системы координат: с цилиндрической системой координат, с угловой, со сферической, с прямоугольной, с комбинированной.

По способу установки: напольные, подвесные, встроенные.

По точности: малая (при линейной погрешности от 1 мм и выше), средняя (от 0,1 до 1 мм), высокая (менее 0,1 мм).

Заключение

Многообразие систем и их развитие вносят определенные трудности при их сегментации и классификации. В данной работе были детально проанализированы промышленные роботы. Выделены их основные характеристики и дана условная классификация. Дальнейшая работа будет направлена на рассмотрение и классификацию сервисных робототехнических средств.

Библиографический список

1. Колтыгин Д. С. Основные признаки классификации промышленных роботов // Проблемы современной науки. 2016. № 22. С. 19–27.
2. Колпаков С. Г. Классификация роботов по использованию, передвижению и компонентам // Молодой ученый. 2017. № 3 (137). С. 241–244.
3. Официальный сайт «Студопедия». URL: <https://studopedia.ru/>. Раздел Вики / Основные этапы проектирования. URL: https://studopedia.ru/3_4442_osnovnie-etapi-proektirovaniya.html. (дата обращения: 03.01.2018).

УДК 681.5

П. А. Никифоров

студент кафедры управления в технических системах

М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ПОДВЕСКОЙ АВТОМОБИЛЯ

Подвеска автомобиля выполняет множество важных функций. От характеристик подвески и ее конструкции зависят следующие свойства автомобиля: управляемость, устойчивость, плавность хода, безопасность, комфортность, надежность и экономичность.

Для улучшения управляемости, комфортности и уменьшения колебаний кузова разрабатываются различные системы стабилизации, которые обеспечивают контроль вертикального положения кузова автомобиля. Такие системы можно поделить на два типа: пассивные и активные.

Пассивные системы поддрессоривания обычно состоят из демпфирующих и/или упругих элементов, параметры которых (упругость и демпфируемость) не изменяются. Сущность активных систем состоит в том, что происходит изменение характеристик упругого или демпфируемого элемента в зависимости от изменения внешних воздействий.

Для эффективного управления электронная система активной подвески автомобиля должна получать определенную информацию от датчиков, расположенных в различных частях транспортного средства.

Датчик нагрузки используется, чтобы определить фактическую нагрузку на каждый гидравлический узел.

В качестве датчика смещения и вертикального ускорения могут использоваться простые переменные резисторы или более точные и чувствительные линейные датчики.

Ускорение может быть определено при помощи маятникового датчика, использующего тензодатчики, связанные с массой, или устройства, подобные датчику ударов в двигателе.

Отклонение от курса может быть определено по боковому ускорению, если датчик заноса установлен в передней или задней части транспортного средства.

Скорость транспортного средства измеряется с помощью стандартного датчика, который используется для спидометра.

На рис. 1 представлена схема компоновки системы активной подвески, на которой показано упрощенное представление гидравлического узла. Функционирование всей системы происходит следующим образом. В момент, когда колесо встречает на дороге выпуклость, возникает вертикальное ускорение вверх и увеличение вертикальной нагрузки. Эта информация подается к электронной системе, вычисляющей идеальное смещение колеса. Сигнал управления от электронной системы посылается сервоприводам, которые управляют положением главных гидравлических узлов. Поскольку этот процесс может происходить сотни раз в секунду, колесо может точно следовать за контуром дорожной поверхности. Это смягчает действие нежелательных нагрузок на корпус автомобиля.

Благодаря анализу информации от других датчиков, вроде бокового датчика ускорения (данные о движении на повороте) и продольного датчика (информация о продольном торможении или ускорении), приводы могут перемещаться так, чтобы всегда обеспечивать максимальную устойчивость.

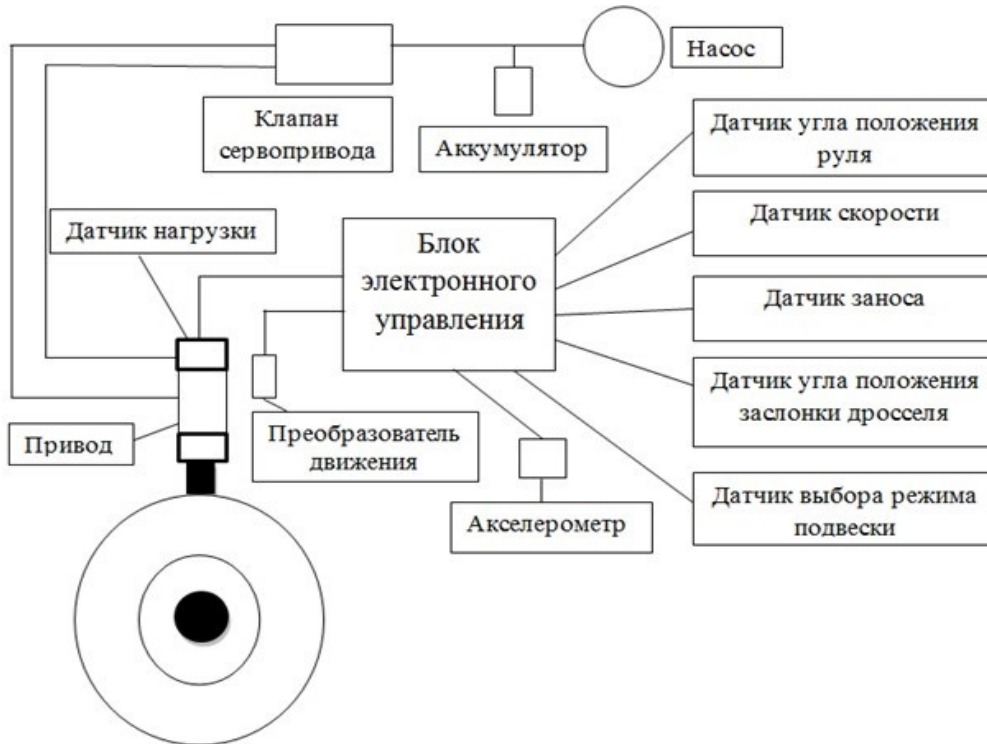


Рис. 1. Общая компоновка системы активной подвески и используемые датчики

Активная подвеска обеспечивает комфортное движение, и в этом залог ее будущего. Такая система скоро станет достоянием большого количества транспортных средств. Это должно произойти благодаря тому, что цены на комплектующие падают, а сложные устройства и системы с искусственным интеллектом неустанно внедряются в обыденность человеческой жизни [1]

В качестве объекта управления для моделирования процесса адаптивного управления (рис. 2) разработана программная модель подвески одного колеса автомобиля. Мы отказались от модели автомобиля с 4 колесами, поскольку при таких предполагаемых параметрах управления (сравнительно слабые воздействия на подвеску, высокое быстродействие ~ 0.01 с) управление по каждому из колес можно полагать независимым [1].

Наш объект можно описать следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} m_s \ddot{z}_s = -k_s (z_s - z_u) - b_s (\dot{z}_s - \dot{z}_u) + f_a, \\ m_u \ddot{z}_u = -k_s (z_s - z_u) - b_s (\dot{z}_s - \dot{z}_u) - k_t (z_u - z_r) - f_a, \end{cases}$$

где m_s и m_u – массы кузова и колеса; z_s , z_u и z_r – вертикальное перемещение кузова, колеса и дороги соответственно; k_s – коэффициент жесткости пружины; k_t – коэффициент жесткости колеса; f_a – управляющее воздействие.

Исходные данные для моделирования процесса: $m_s = 290$ кг, $k_s = 0,1$ Н/м, $m_u = 59$ кг, $b_s = 1$ Н/м/с, $k_t = 49$ Н/м.

Реализуем математическую модель подвески (рис. 3) с помощью пакета Simulink программы MATLAB [2]. В качестве управляющего устройства используем ПИД-регулятор (рис. 4). Получим переходный процесс при возмущении 0,06 метра (рис. 5).

Активные подвески являются сегодня одним из важнейших направлений развития автомобильной отрасли. Большинство ведущих автомобилестроительных фирм ведут интенсивные исследования в этой области.

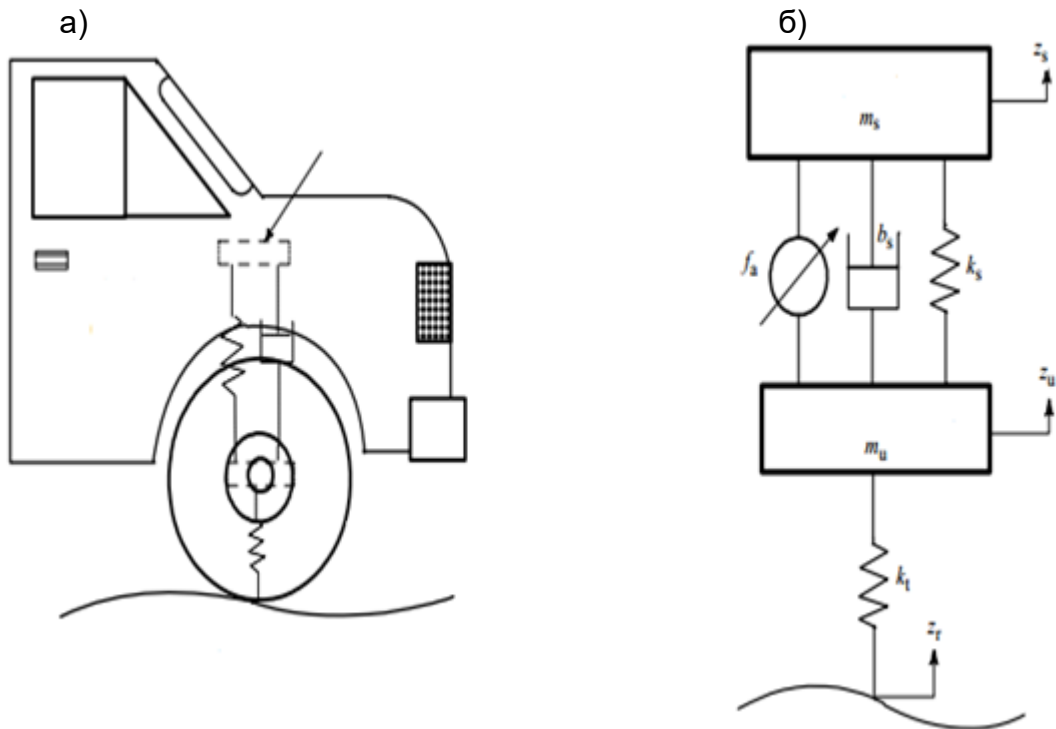


Рис. 2. Объект управления для моделирования процесса

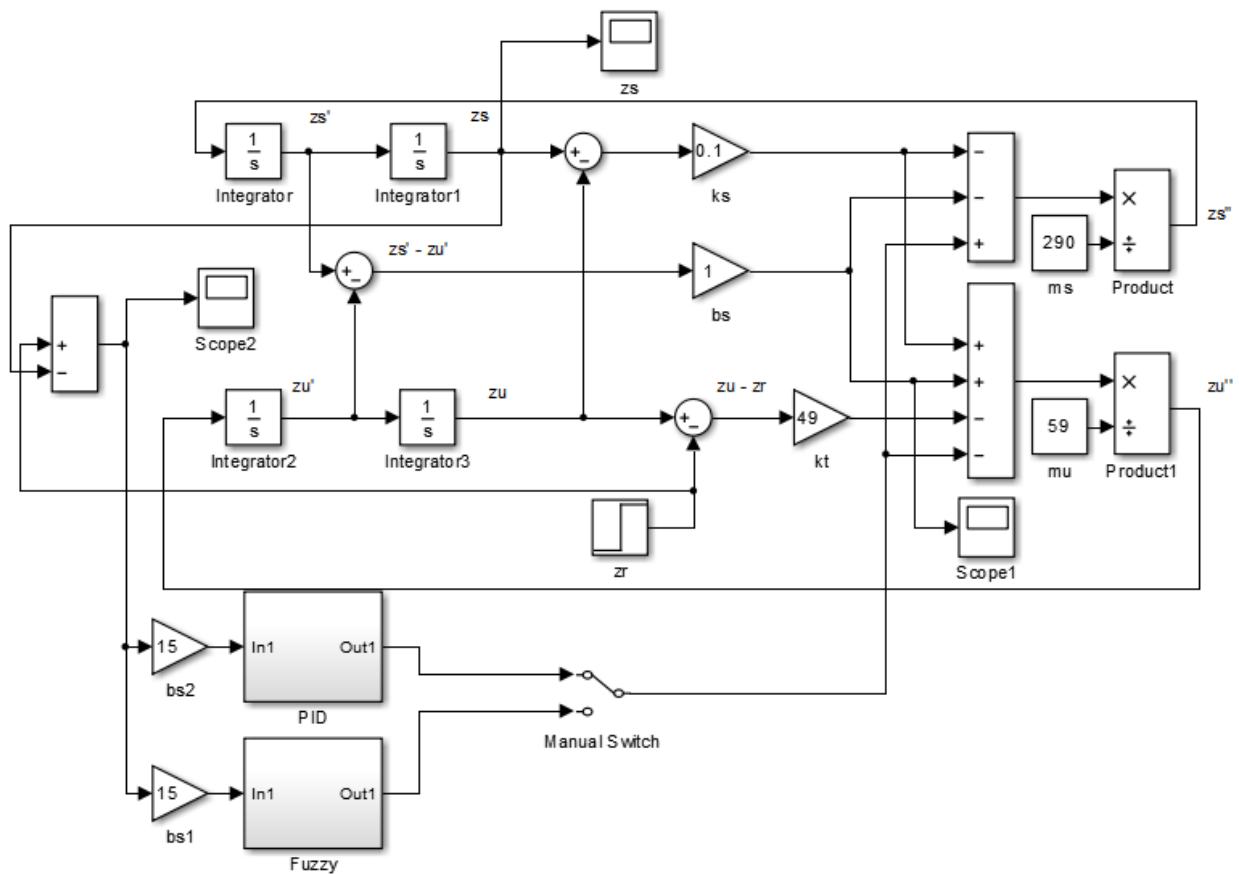


Рис. 3. Математическая модель подвески

В данной работе была разработана математическая модель подвески легкового автомобиля. С помощью использования ПИД-регулятора удалось уменьшить время переходного процесса до 0,2 секунды.

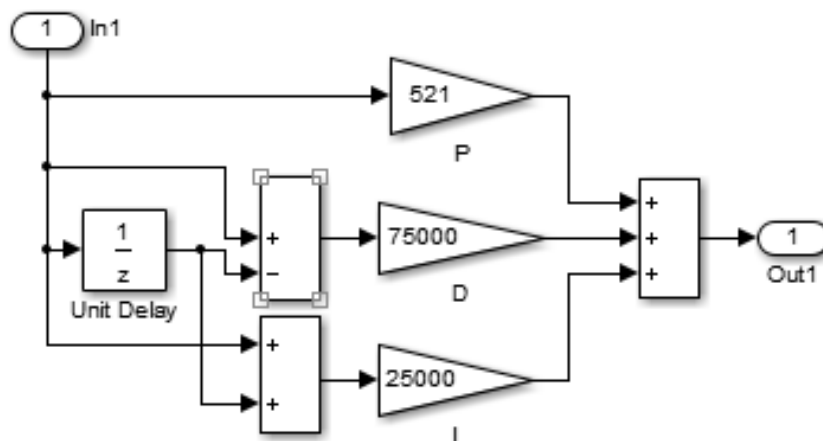


Рис. 4. Схема ПИД-регулятора

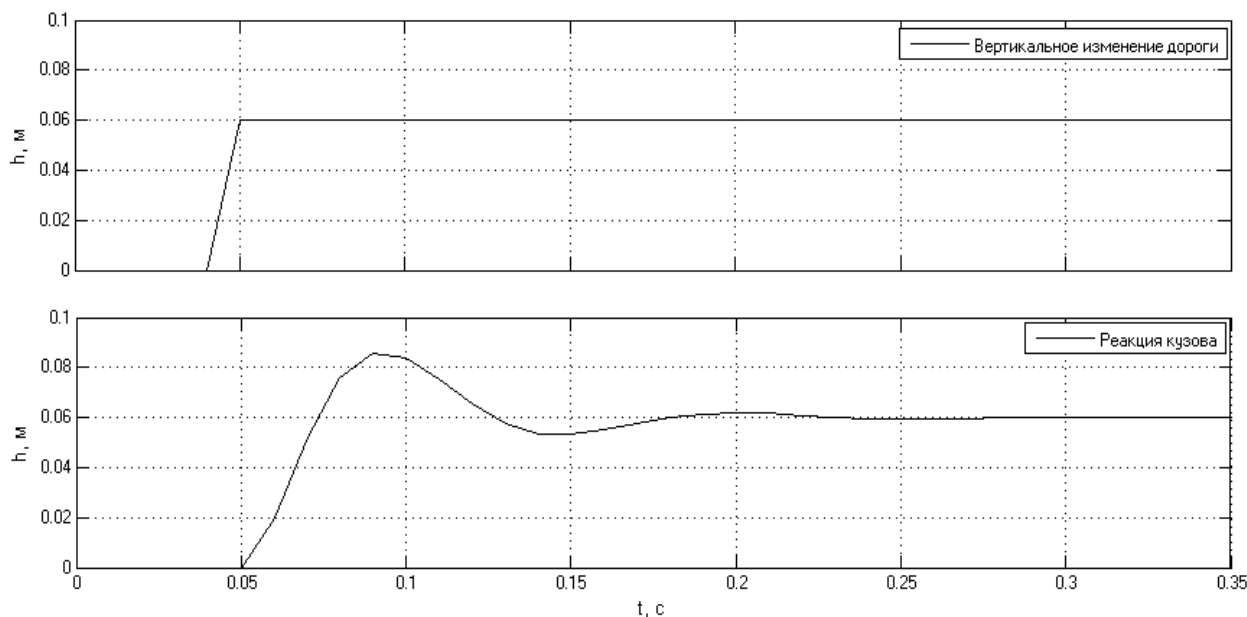


Рис. 5. Графики вертикального изменения дороги и реакции кузова на данное изменение

В продолжение работы будет входить синтез нечеткого регулятора с последующим сравнением получившихся переходных процессов.

Библиографический список

1. Кузнецов В. А., Дьяков И. Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля. Екатеринбург: УГТУ, 2003. 60 с.
2. Бураков М. В. Основы работы в MatLab. СПб.: ГУАП, 2006. 67 с.

УДК 621.365.51.029.42

П. С. Никулин

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРЕСС-НОЖНИЦ

Индукционный нагрев – это нагрев при бесконтактной передаче энергии в нагреваемое тело с помощью электромагнитных волн.

Нагреваемое тело помещается в магнитное поле проводника или катушки (индуктора), по которой течет переменный электрический ток. Взаимодействие металла детали и электромагнитного поля индуктора в соответствии с законом электромагнитной индукции возбуждает в металле электродвижущую силу и соответственно переменный ток той же частоты, что и ток индуктора. За счет теплового действия тока происходит нагрев детали, что обуславливает высокую скорость нагрева и возможность осуществлять местный нагрев.

Мощность, выделяемая в нагреваемой детали P_d и ток индуктора I_i (систему индуктор-нагреваемая деталь можно рассматривать как электрический трансформатор), связаны соотношением:

$$P_d = K_1 \cdot I_i^2 \sqrt{\rho \cdot \mu \cdot f},$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от размеров индуктора и детали, и, следовательно, от зазора между индуктором и деталью; ρ – удельное электросопротивление нагреваемого материала, Ом·см; μ – магнитная проницаемость материала, Гс/э; f – частота тока, Гц.

Основным недостатком индукционного нагрева является трудность его унификации, так как для каждого типоразмера деталей требуется свой индуктор и определенное охлаждающее устройство. Таким образом, целесообразно применение этого нагрева в массовом производстве и экономически проблематично в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Преимущества индукционного нагревателя:

- индукционные печи обладают высокой точностью управления, за счет точного дозирования энергии;
- обеспечивает высокую производительность труда и высокое качество продукции;
- не производит вредных выбросов в окружающую среду и экономит энергетические ресурсы.

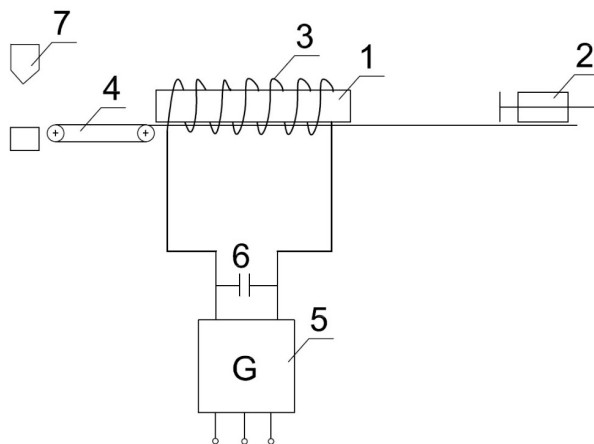
Благодаря явлению поверхностного эффекта при индукционном нагреве максимальная мощность выделяется в поверхностном слое нагреваемого изделия и тем самым индукционный метод при закалке обеспечивает быстрый нагрев поверхности изделия, позволяя получить ее высокую твердость при сохранении относительно вязкой сердцевины.

Процесс поверхностной индукционной закалки быстрее и экономичнее других методов поверхностного упрочнения изделий.

Пример использования индукционного нагревателя в качестве подогрева заготовок перед пресс-ножницами показан на рисунке, он позволяет увеличить КПД и уменьшить нагрузку и износ пресс-ножниц.

В наше время применение индукционных нагревателей все больше набирает популярность. Индукционный метод нагрева проводниковых материалов применяют для следующих технологических процессов: плавки металлов; сквозного

нагрева заготовок (перед ковкой, штамповкой, прессованием, прокаткой и т. д.); термической обработки; химико-термической обработки; сварки металлов; пайки и наплавки и т. д. Их применение на машиностроительных заводах открывает возможности создания новых решений, повышения конструкторской прочности металлов.



Принципиальная схема системы пресс-ножниц:

1 – заготовка; 2 – толкатель; 3 – индуктор; 4 – рольганг подающий;
5 – высокочастотный генератор; 6 – батарея конденсаторов; 7 – пресс-ножницы

Кроме традиционного применения, известно такое применение как получение монокристаллических полупроводниковых материалов, наращивание эпитаксиальных пленок, ТВЧ сварка труб, вспенивание материалов в электрическом поле, применение высокочастотной плазмы для технологических целей.

Библиографический список

1. Безручко И. И. Индукционный нагрев для объемной штамповки. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1987. 127 с.
2. Богданов В. Н., Рыскин С. Е. Применение сквозного индукционного нагрева в промышленности. М.-Л.: Машиностроение, 1965. 96 с.
3. Бабат Г. И. Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение. М.-Л.: Энергия, 1965. 552 с.
4. Кувалдин А. Б. Индукционный нагрев магнитной стали на промышленной частоте. М.: ВИНТИ, 1976. 83 с.

УДК 004.9

А. Д. Очередин, А. А. Приходский

студенты кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ СИСТЕМ ПРИСУТСТВИЯ В ПОМЕЩЕНИИ

Распространенным средством экономии электроэнергии и автоматизации световых приборов, раздвижных дверей, водяных кранов и других составляющих повседневной жизни, является применение фотодатчиков (фотодетекторов). Фотодатчик является техническим средством, которое предназначено для выработки сигнала электромагнитного излучения, или другой распространяющейся в пространстве энергии. В системах Smart Grid (умные сети электроснабжения) чаще всего используются оптические датчики, так как они являются наиболее эффективными и простыми в производстве. Оптические датчики – это небольшие по размерам электронные устройства, способные под воздействием распространяющегося в пространстве изменяющегося электромагнитного поля в видимом инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах подавать единичный или совокупный сигнал на вход регистрирующей или цифровой системы контроля или управления некоторым реальным объектом. Распространенность этих датчиков увеличивается в колоссальном масштабе.

Наиболее распространены датчики движения, которые включают свет, эти датчики используют для коридоров и для комнат: у первых направленная зона действия, у вторых – во все стороны, их различают по типу крепления (потолок или стены) и радиусу действия. Совместное программирование таких датчиков между собой, помогает наиболее эффективно управлять переключением света в доме. Существенным минусом использования датчиков является их непредсказуемое выключение, если объект реагирования не в зоне видимости детектора или неподвижен.

Проведем исследования сенсоров для выявления более эффективных в управлении электрическими нагрузками объекта. Для проведения эксперимента рассмотрим PIR датчики HC-SR505 и HC-SR-501, программируемые на базе Arduino (рис. 1, рис. 2).

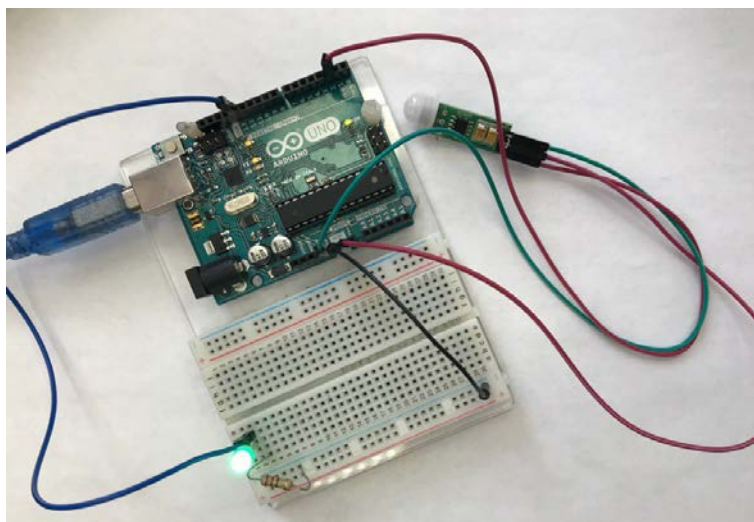


Рис. 1. PIR датчик HC-SR505

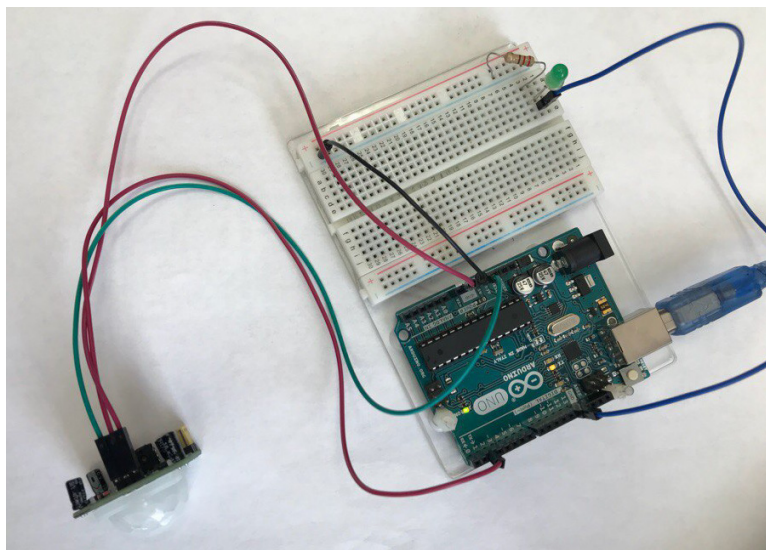


Рис. 2. PIR датчик HC-SR-501

Исследования датчика HC-SR501 показали преимущества данной модели в возможности физической настройки чувствительности и времени действия на самом датчике, что упрощает его подключение и отладку в быту, однако данная модель зачастую отказывалась реагировать на движения во время эксперимента, либо значения существенно превышали допустимые пределы погрешности из-за чего данный сенсор нецелесообразен к применению в предлагаемой системе.

Исследования датчика HC-SR505 показали минимальное отклонение экспериментальных данных от заявленных характеристик. Этот PIR сенсор имеет пассивный принцип работы, срабатывает при движении человека, при этом сигнал на его выходе присутствует около 8 секунд. На рис. 3 показана схема подключения датчика к микроконтроллеру Arduino, блок-схема алгоритма представлена на рис. 4. Также есть возможность подключения нагрузки к датчику через силовой ключ на полевом транзисторе с небольшим напряжением срабатывания.

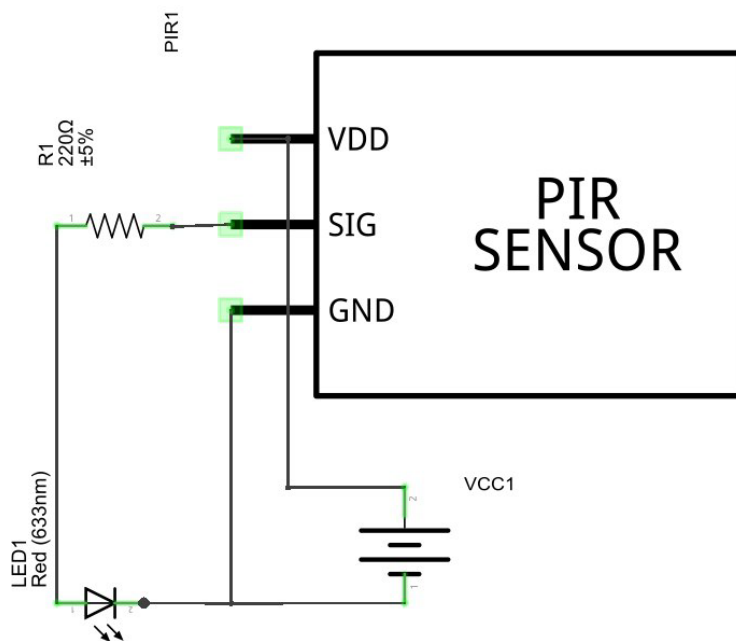


Рис. 3. Схема подключения датчика к микроконтроллеру Arduino

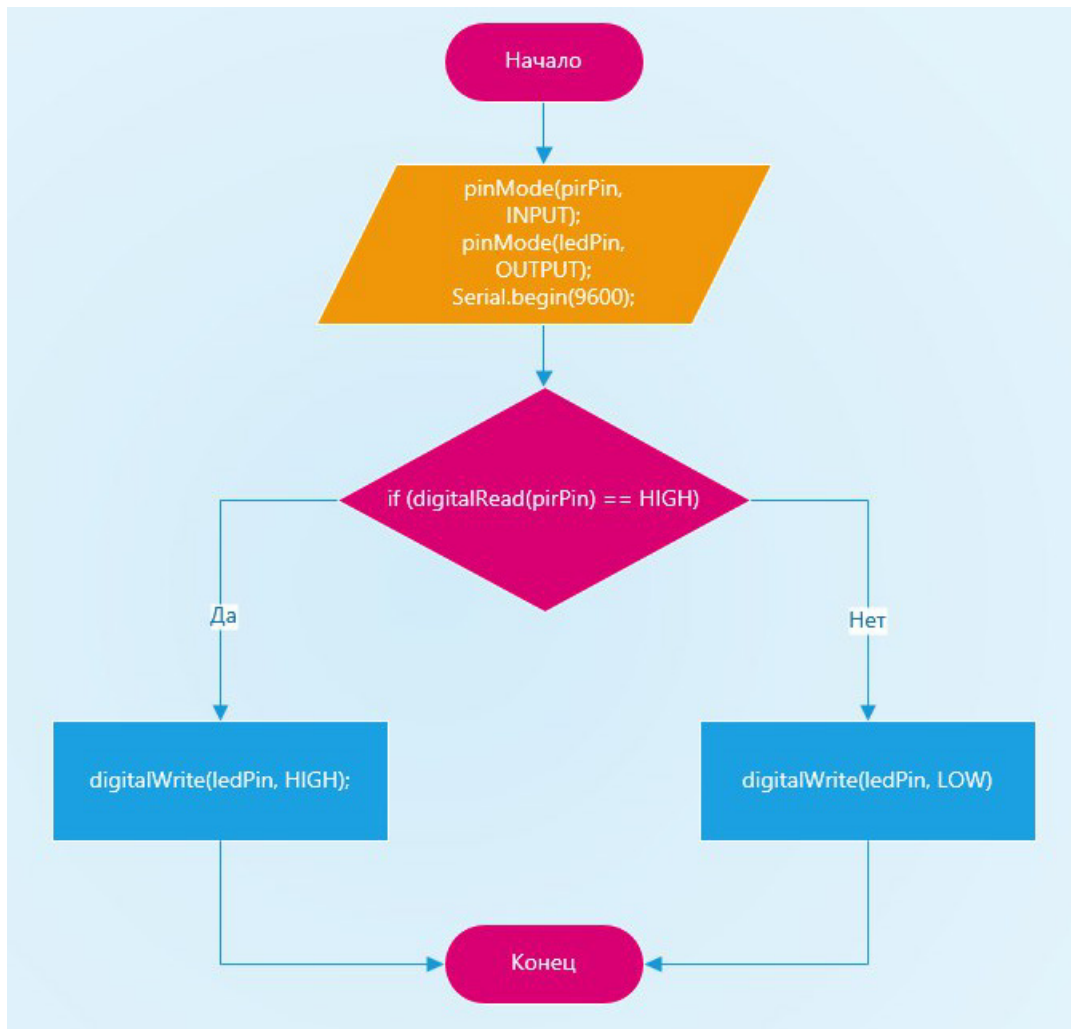


Рис. 4. Блок-схема алгоритма эксперимента

В процессе проведения эксперимента была получена диаграмма направленности действия датчика, которая соответствует характеристикам в пределах заводских погрешностей (рис. 5).

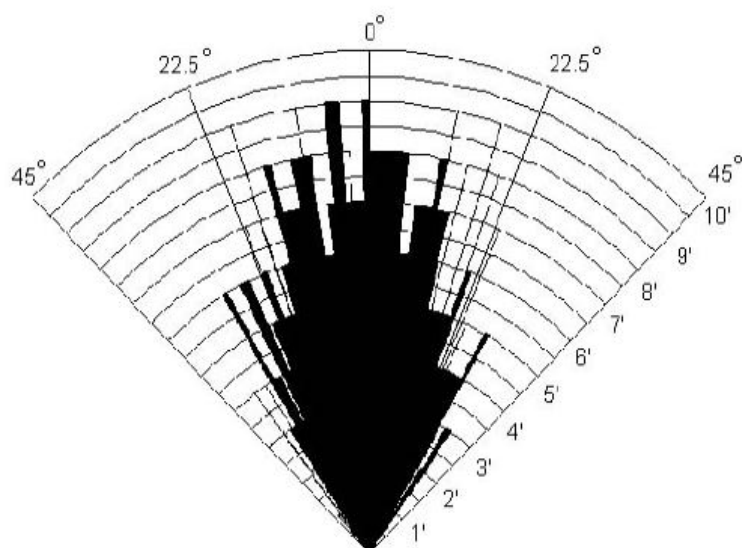


Рис. 5. Экспериментальная диаграмма направленности датчика HC-SR505

Анализируя полученную диаграмму можно отметить, что модель датчика HC-SR505 является более чувствительной и адекватной к срабатываниям, а также имеет меньшую чувствительность к ложным и случайным помехам.

Эксперименты показали, что обоим датчикам присущ параметр – время восстановления датчика или время блокировки замера, т. е. время от момента выключения датчика до следующего его включения. Данный параметр не имеет регулировки и обусловлен значениями RC цепочки. Таким образом, изменяя значения RC цепочки, можно данные датчики движения превратить в датчики присутствия или схожие с ними по функциональному назначению.

Широкое применение таких устройств существенно упрощает жизнь современного человека и экономит электрическую энергию в моменты отсутствия людей в помещении.

Библиографический список

1. Официальный сайт электрика. Фотодатчики и их применение. URL: <http://elektrik.info/main/praktika/600-fotodatchiki-i-ih-primenenie.html> (дата обращения: 12.04.2018).

2. Официальный сайт Википедия Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фотодетектор> (дата обращения: 15.04.2018).

3. Платт Ч., Янссон Ф. Энциклопедия электронных компонентов. Т. 3. Датчики местоположения, присутствия, ориентации, вибрации, жидкости, газа, света, тепла, звука, электричества: пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 288 с.

4. Кашкаров А. П. Электронные системы охраны с пирозлектрическими датчиками и способы их нейтрализации. М.: ДМК Пресс, 2015. 96 с.

УДК 537.322.1

Д. А. Павлюков

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТА ПЕЛЬТЬЕ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

На сегодняшний день в мире распространены солнечные батареи, но помимо них есть и другие, не менее полезные источники энергии, например, элемент Пельтье.

Устройство и принцип работы элемента Пельтье

Современные модули элемента Пельтье представляет собой конструкцию, состоящую из двух пластин-изоляторов (как правило, керамических), с расположенными между ними последовательно соединенными термопарами. Упрощенная схема такого элемента представлена на рис. 1.

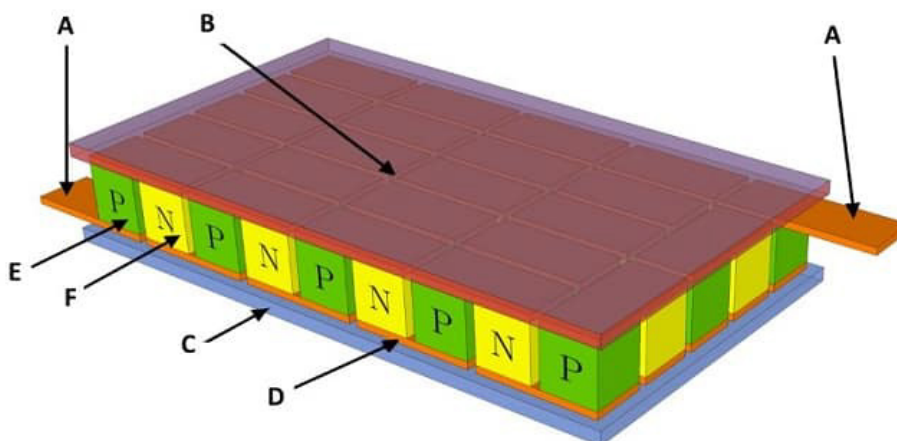


Рис. 1. Устройство модульного элемента Пельтье:

А – контакты для подключения к источнику питания;

В – горячая поверхность элемента; С – холодная сторона;

D – медные проводники; E – полупроводник на основе *p*-перехода;F – полупроводник *n*-типа

Конструкция выполнена таким образом, что каждая из сторон модуля контактирует либо *p-n*, либо *n-p* переходами (в зависимости от полярности). Контакты *p-n* нагреваются, *n-p* – охлаждаются (рис. 2). Соответственно, возникает разность температур (ΔT) на сторонах элемента. Для наблюдателя этот эффект будет выглядеть как перенос тепловой энергии между сторонами модуля. Примечательно, что изменение полярности питания приводит к смене горячей и холодной поверхности.

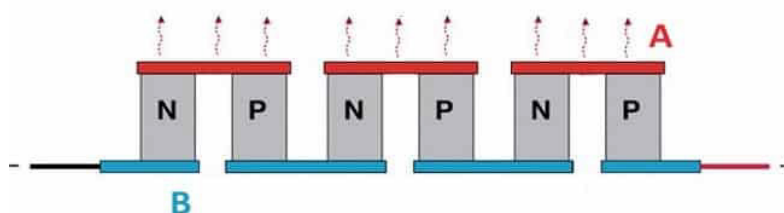


Рис. 2. Термоэлемент:

А – горячая сторона; В – холодная сторона

Экспериментально полученная зависимость мощности элементов Пельтье от разности температур его сторон и тока в цепи приведена на рис. 3 [1].

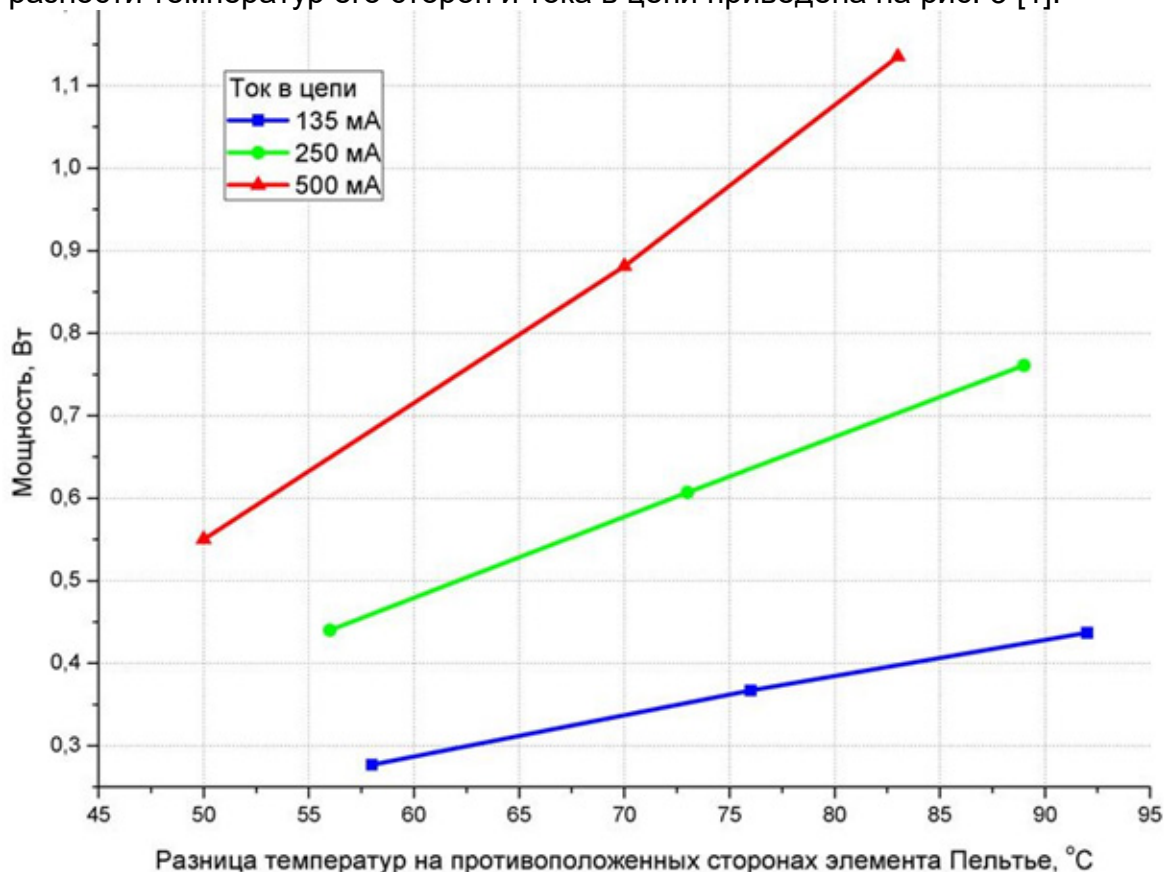


Рис. 3. График зависимости мощности элементов Пельтье от разности температур его сторон и тока в цепи

К достоинству элементов Пельтье можно отнести:

- отсутствие механически движущихся частей, газов, жидкостей;
- бесшумная работа;
- небольшие размеры;
- возможность обеспечивать как охлаждение, так и нагревание;
- возможность плавного регулирования мощности охлаждения.

Недостатки:

- низкий КПД;
- необходимость наличия источника питания;
- ограниченное число коммутаций (старт-стопов);
- высокая стоимость мощных модулей.

Устройство и принцип работы солнечного элемента

Полупроводник – это материал, в атомах которого либо есть лишние электроны (*n*-тип), либо наоборот их не хватает (*p*-тип). Соответственно, полупроводниковый фотоэлемент состоит из двух слоев с разной проводимостью. В качестве катода используется *n*-слой, а в качестве анода – *p*-слой. Лишние электроны из *n*-слоя могут покидать свои атомы, тогда как *p*-слой эти электроны захватывает. Именно лучи света «выбивают» электроны из атомов *n*-слоя, после чего они летят в *p*-слой занимать пустующие места. Таким способом электроны бегут по кругу, выходя из *p*-слоя, проходя через нагрузку (в данном случае аккумулятор) и возвращаясь в *n*-слой (рис. 4).

Первым в истории фотоэлектрическим материалом был селен. Именно с его помощью производили фотоэлементы в конце XIX и начале XX веков. Но учитывая крайне малый КПД (менее 1%), селену сразу же начали искать замену.

Массовое же производство солнечных батарей стало возможным после того, как телекоммуникационная компания Bell Telephone разработала фотоэлемент на основе кремния [2]. Он до сих пор остается самым распространенным материалом в производстве солнечных батарей. Правда, очистка кремния – процесс крайне затратный, поэтому исследуются альтернативы: соединения меди, индия, галлия и кадмия.

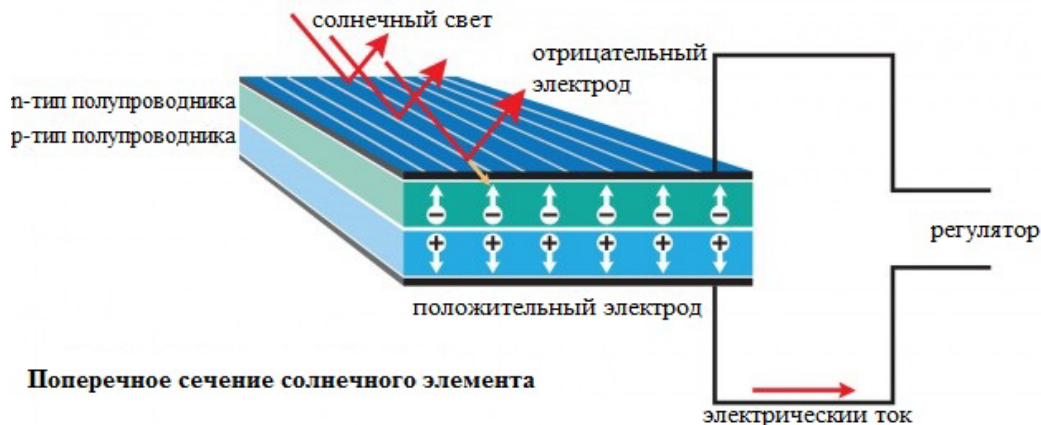


Рис. 4. Схема работы фотоэлемента

Селен – исторически первый, а кремний – самый массовый материал в производстве фотоэлементов.

Очевидно, что мощности отдельных фотоэлементов недостаточно, чтобы питать мощные электроприборы. Поэтому их объединяют в электрическую цепь, тем самым формируя солнечную батарею (другое название – солнечная панель).

На каркас солнечной батареи фотоэлементы крепятся таким образом, чтобы их в случае выхода из строя можно было заменять по одному. Для защиты от воздействия внешних факторов всю конструкцию покрывают прочным пластиком или закаленным стеклом.

На графике зависимости (рис. 5) можно увидеть, когда солнечная батарея вырабатывает максимальное напряжение, а также период, когда данный источник питания бесполезен [3].

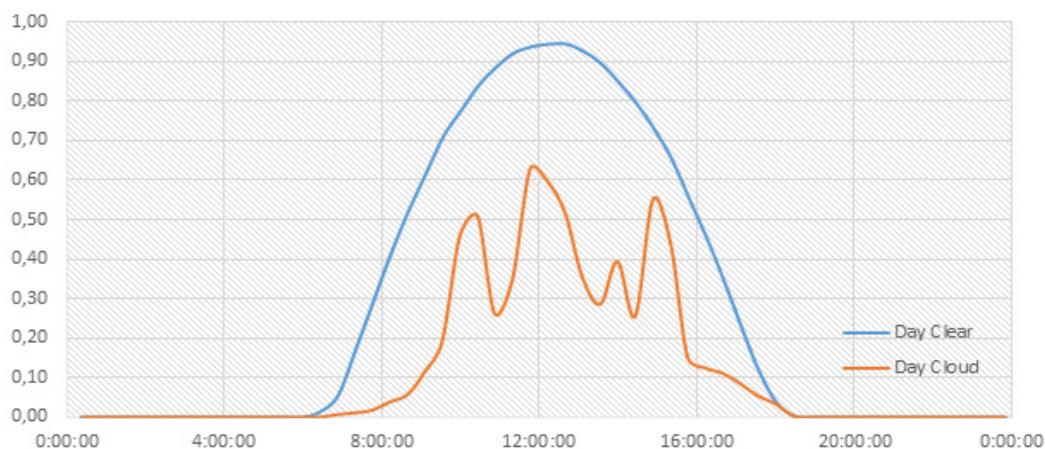


Рис. 5. График дневной генерации солнечной энергии

Достоинства солнечных панелей:

– экологичность;

- доступность;
- поток солнечной энергии постоянен;
- ток можно вырабатывать, пока светит солнце;

Недостатки:

- зависимость от облачности и сезонности;
- массогабаритные показатели – нужна большая площадь для выработки большего количества энергии.

Выводы

Из перечисленных достоинств и недостатков можно сделать вывод, что солнечная энергия намного эффективнее и более дешевая в отличие от элементов Пельтье. Однако в некоторых регионах, где мало солнца и в течение года преобладает пасмурная погода, энергии от солнца будет очень мало и использование солнечных панелей будет неэффективно. Данным регионам нужно будет замещать солнечные панели на так называемые энергопечи. На сегодняшний день энергопечь – апофеоз применения термоэлектрических модулей в быту. Это заводское изделие, по сути дела это печь-камин, в которой может быть использован любой вид твердого топлива с интегрированным теплоэлектрическим модулем. Идеальный вариант для охотничьих домиков, дач, отдаленных зимовок и вообще любого вида жизни вдали от цивилизации. Так что и в тайге можно зарядить телефон.

Библиографический список

1. Кашкаров А. Занимательная электроника. Нешаблонная энциклопедия полезных схем. М.: Litres, 2017. 110 с.
2. Материал из сайта itc.ua. Раздел «Солнечные батареи: как это работает». URL: <https://itc.ua/articles/solnechnyie-batarei-kak-eto-rabotaet/> (дата обращения: 06.03.2018).
3. Материал из сайта Автоматизация и электрика. Раздел «Что такое элемент Пельтье, его устройство, принцип работы и практическое применение». URL: <https://www.asutpp.ru/osnovy-elektrotexniki/cto-takoe-element-pelte-i-ego-primenenie.html> (дата обращения: 06.03.2018).

УДК. 621.431.75.

Д. А. Пакканен

магистрант кафедры управления в технических системах

В. С. Акопов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ЗАПУСКА ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Для возможности использования любого авиационного двигателя по прямому назначению необходимо вывести его на минимальный режим устойчивой работы, называемый режимом малого газа. Таким образом, для осуществления запуска двигателя необходимы агрегат предварительной раскрутки и источник энергии для его питания, пусковые топливные магистрали, агрегаты зажигания и управления. Комплекс этих агрегатов и устройств называется системой запуска.

В настоящее время в электрических системах запуска газотурбинных авиадвигателей [1] часто применяются стартеры-генераторы, которые являются дальнейшим развитием электростартеров и при запуске выполняют функцию стартера, а после запуска – генератора.

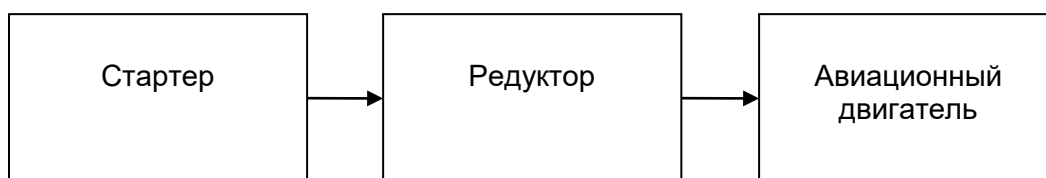


Рис. 1. Структурная схема электрической системы запуска

Этапы запуска авиадвигателя представлены на приведенном рис. 2 [2–3]. На нем показана последовательность изменения совокупности моментов, действующих на вал авиадвигателя, механически связанного со стартером.

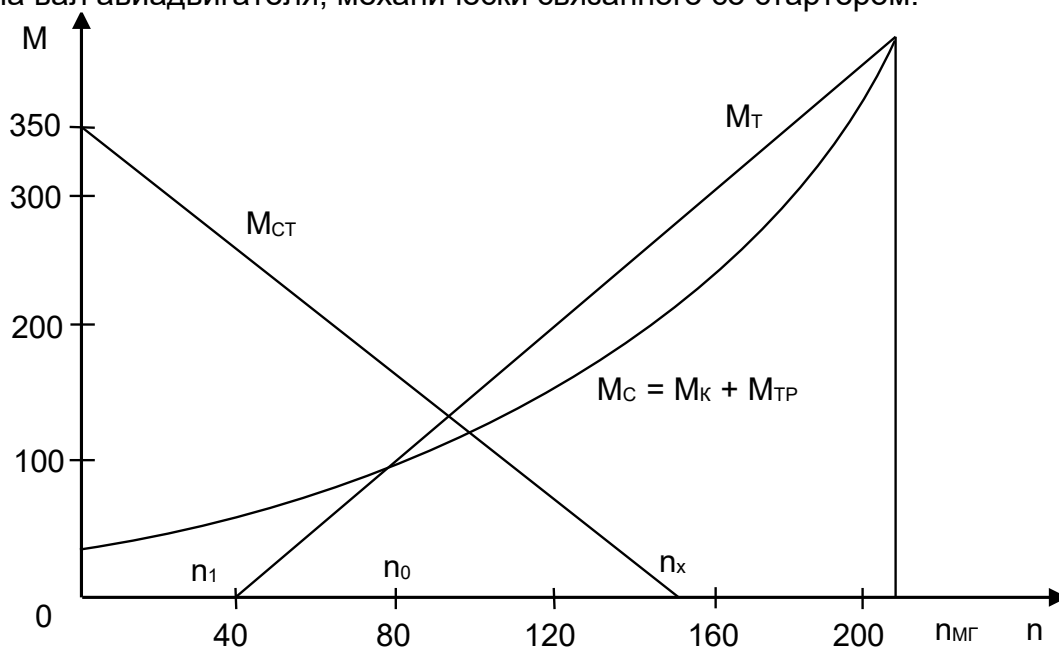


Рис. 2. Диаграмма трехэтапного запуска авиадвигателя на Земле

На этом рисунке обозначено: M_c – момент сопротивления, включающий в себя момент компрессора M_k и момент трения $M_{тр}$; M_k – момент компрессора

авиадвигателя изменяется в функции от скорости по квадратичному закону: M_t – момент турбины авиадвигателя; $M_{ст}$ – момент, развиваемый стартером, зависимость $M_{ст}$ от скорости вращения представляет собой механическую характеристику электродвигателя, который входит в состав электростартера.

Значения частот вращения n_1 , n_2 и $n_{мг}$ зависят от характеристик компрессора, турбины, стартера, работы камеры сгорания, конструктивных и эксплуатационных факторов.

Для построения имитационной модели процесса запуска авиационного двигателя необходимо иметь соответствующую математическую модель исследуемого объекта или процесса.

На первом этапе запуска – с момента подключения стартера к ротору двигателя до момента воспламенения топливно-воздушной смеси (ТВС) раскрутка ротора двигателя ведется только стартером. В течение первого периода запуска расход и давление воздуха за компрессором высокого давления (КВД) увеличивается по мере увеличения его числа оборотов. Уравнение динамики вала авиадвигателя на этом первом этапе запуска описывается выражением

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{ст} K_P - M_C = M_{ст} K_P - (K_K \omega^2 + M_{ТР}). \quad (1)$$

В этом выражении обозначено: K_P – передаточное отношение редуктора; K_K – коэффициент пропорциональности статической характеристики компрессора.

Электростартер является основным движителем в этой системе. Если в качестве стартера используется двигатель постоянного тока независимого возбуждения, то его динамика без учета контура обмотки возбуждения, как известно [4], описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$L_{я} \frac{di_{я}}{dt} = U_{у} - C\Phi \omega_{ст} - R_{я} i_{я}; \quad (2)$$

$$J_{пр} \frac{d\omega_{ст}}{dt} = M_{ст} K_P - M_H = C\Phi i_{я} - M_H. \quad (3)$$

В выражениях (2) и (3) использованы следующие новые обозначения: $L_{я}$, $i_{я}$ и $R_{я}$ – индуктивность, ток и сопротивление цепи якоря электродвигателя стартера соответственно; $U_{у}$ – электрический сигнал управления, подаваемый на стартер; $C\Phi$ – конструктивная постоянная электродвигателя стартера; $J_{пр}$ – приведенный момент инерции стартера; $\omega_{ст}$ – угловая скорость стартера; t – время.

На втором этапе запуска – с момента воспламенения топливно-воздушной смеси в камере сгорания 4 (рис. 2) до момента отключения стартера от ротора двигателя раскрутка ведется одновременно стартером и турбиной. Пусковое устройство отключается от двигателя автоматически в момент выхода на определенную частоту вращения ротора, при которой турбина имеет необходимый избыток мощности для раскрутки ротора. Динамика вала АД на втором этапе запуска описывается дифференциальным уравнением

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{ст} K_P + M_T - M_C = M_{ст} + M_T(\omega) - (K_K \omega^2 + M_{ТР}) \quad (4)$$

где J_P – момент инерции редуктора.

С учетом изложенного ранее, предлагаемая структурная схема имитационной модели системы запуска авиадвигателя с помощью электростартера может быть представлена в виде, приведенном на рис. 3.

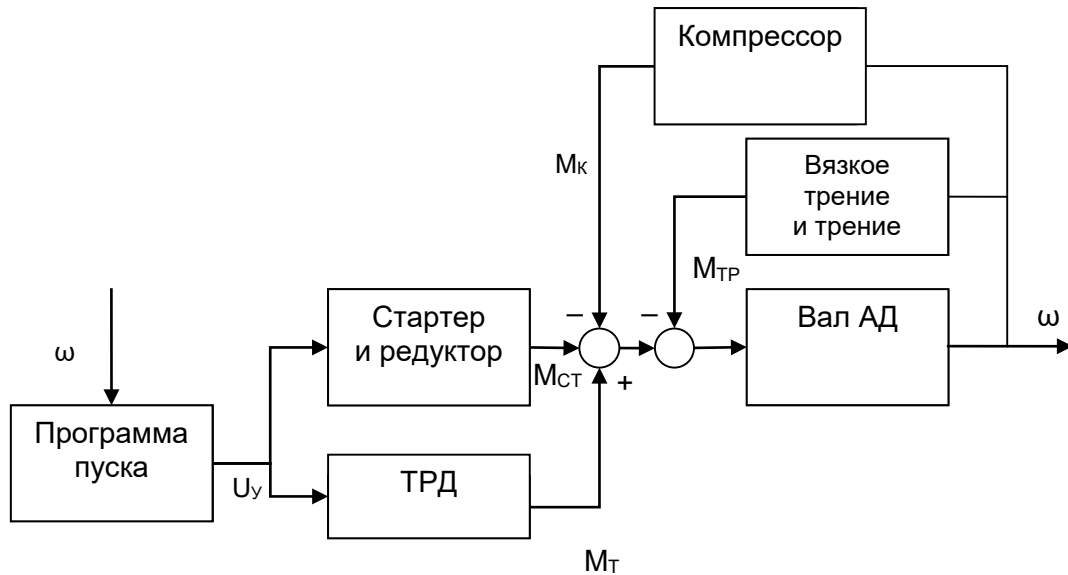


Рис. 3. Структурная схема запуска АД

На рисунке добавлены следующие обозначения: U_y – сигнал управления на выходе блока, формирующего программу пуска; $M_{тр}$ – момент вязкого трения; ω – угловая скорость авиационного двигателя.

Аналитическое решение нелинейного дифференциального уравнения (1–4) в общем виде практически невозможно из-за наличия в нем нелинейностей: квадратичной зависимости момента компрессора от угловой скорости вращения его вала, а также нелинейного характера зависимости $M_T(\omega)$, имеющей частный вид для каждого конкретного типа ТРД. В то время как использование имитационного моделирования, как известно [4], позволяет достаточно просто решать подобные математические задачи.

Составленная с учетом приведенного анализа процесса запуска ТРД имитационная модель для исследования процесса электромеханического запуска турбореактивного авиационного двигателя типа АИ-222-25Ф, с помощью электро-стартера модели СТГ-12ТМО-1000 [5, 6], представлена на рис. 4.

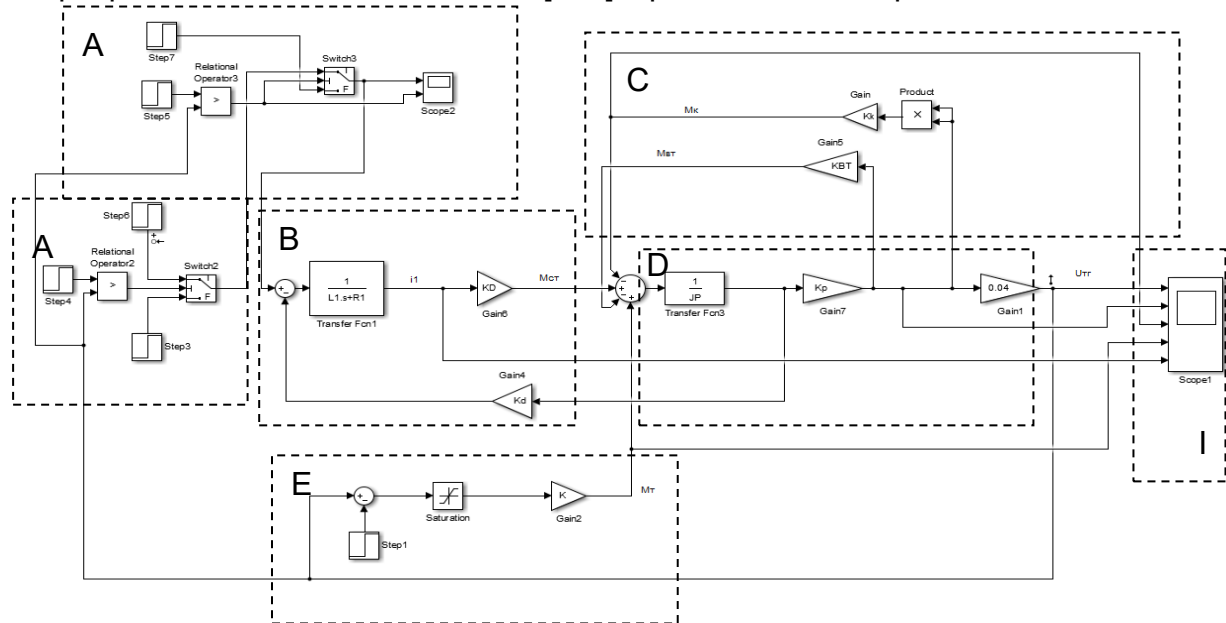


Рис. 4. Обобщенная имитационная модель для исследования системы запуска ТРД на Земле

На рис. 4 блоки А моделируют закон управления процессом запуска авиадвигателя. Блок В – модель стартера, строится с учетом выражения (2). Блок С моделирует момент компрессора и момент трения. Блок D – вал турбины. Блок Е генерирует момент турбины авиадвигателя. Блок I – блок измерений.

Выводы

1. Предложена методика построения математической модели процесса запуска авиационного турбореактивного двигателя.
2. Разработана имитационная модель процесса запуска ТРД с помощью электростартера.
3. Предлагаемая имитационная модель может быть использована для исследования процесса запуска не только турбореактивных, но и турбовинтовых авиадвигателей.

Библиографический список

1. Скубачевски, Г. С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. М.: Машиностроение, 1981. 550 с.
2. Таммекиви И. В. Системы запуска авиационных двигателей: метод. указ. / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2002. 34 с.
3. Кац Б. М., Жаров Э. С., Винокуров В. К. Пусковые системы авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1976. 220 с.
4. Акопов В. С., Евсеев Е. В., Мартынов А. А. Электропривод с МПСУ: учеб. пособие / под ред. проф. В. Ф. Шишлакова. СПб.: ГУАП. 2016. 123 с.
5. СТГ-12ТМО-1000 Стартер-генератор. URL: <http://specavtopribor.ru> (дата обращения: 17.06.2017).
6. АО «НПЦ газотурбостроения «САЛЮТ» Продукция. ww.Salut.ru (дата обращения: 17.06.2017)

УДК 621.381.5

Я. Р. Пантелеев

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. А. Сериков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ЭЛЕКТРОННОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕЛЕ**

В последнее время в автомобильных системах все большее распространение получают электромагнитные реле для полного размыкания питания больших нагрузок. Например, для того, чтобы разомкнуть питание блока управления вентилятором охлаждения жидкостного радиатора и самого вентилятора, потребляющего мощность 300 ватт и выше, а также исключить потребление самого блока управления от аккумулятора, когда автомобиль не эксплуатируется и автомобильный генератор не вырабатывает энергии для заряда аккумулятора.

Однако электромагнитные реле имеют большой ряд недостатков, а именно: низкое быстродействие, небольшой электрический и механический ресурсы, создание радиопомех при замыкании и размыкании контактов, проблемы при коммутации индуктивных нагрузок и высоковольтных нагрузок на постоянном токе, имеют большие размеры, а также потребляют дополнительную энергию для замыкания и удержания контактов. Рассмотрим создание заменителя электромагнитного реле – автоматическое электронное, в котором будут устранены перечисленные недостатки, на примере реле для блока управления вентилятором автомобиля Ford Focus.

Рассмотрим функциональную схему включения блока управления и вентилятора на автомобиле Ford Focus (рис. 1). Блок управления подключается между аккумулятором и вентилятором. Он состоит из микроконтроллера, стабилизатора напряжения и усилителя. Микроконтроллер принимает входной сигнал, анализирует его и выдает управляющие ШИМ сигналы более высокой частоты на усилитель, который питает мотор вентилятора.

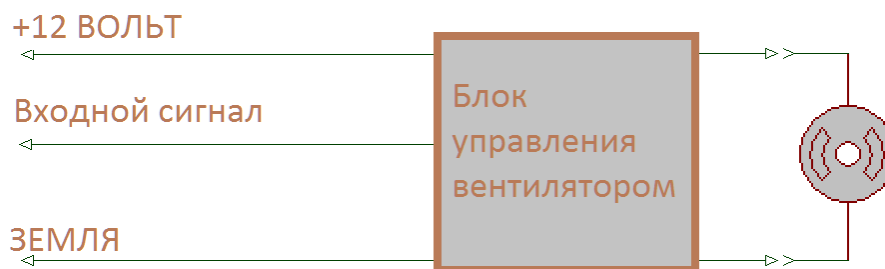


Рис. 1. Схема включения

Главный компьютер автомобиля анализирует все датчики температуры и скорость автомобиля и выдает маломощный и низкочастотный управляющий ШИМ сигнал на блок управления вентилятором. В таблице приведена зависимость скорость вращения вентилятора от скважности управляющего ШИМ сигнала.

Как и в электромагнитном реле, за счет открывающего сигнала, обрывался минус всей системы, так и в нашем электронном реле будет стоять ключ, препятствующий прохождению тока. В данной системе в роле ключа подойдет полевой транзистор, на сток которого будет приходиться ток, прошедший через вентилятор и блок управления, а исток будет на Земле. В качестве транзистора нам, с большим запасом, подойдет IRF3205 в корпусе ТО-220, максимальный ток которого составляет 110 А, а рабочее напряжение равно 60 В. Максимальные параметры

этого транзистора в несколько раз превышают рабочие параметры 300-ваттного мотора вентилятора, рабочее напряжение которого составляет 12 В, а потребляемый ток не превышает 30 А. Также транзистор является достаточно компактным.

Зависимость скорости от скважности

Скважность входного сигнала (%)	Скорость вращения вентилятора (обор./мин)
0	3000
20	2400
40	1800
60	1200
80	600
100	0

Для того чтобы открывать и закрывать ключ, нам необходимо подавать на него логический «0» или «1», т. е. 0 или 12 В питания автомобильной сети. Это возможно сделать, используя входной сигнал от главного компьютера. Из таблицы видно, что команды на запуск вентилятора не поступает при скважности 100%, а включение вентилятора и увеличение его скорости идет при снижении процента скважности входного ШИМ сигнала. Зная это, можно собрать дополнительную цепочку, которая автоматически будет включать систему, когда сигнал будет менее 100%, и выключать систему, когда сигнал будет равен 100%.

Для реализации этого решения нам понадобится операционный усилитель и цепочка резистор-конденсатор. Схема включения представлена на рис. 2. На операционный усилитель подается питание, напряжение плюс и минус аккумулятора. Полевой транзистор, как уже было сказано, включается между минусом блока управления и минусом аккумулятора. Управляющий сигнал от главного компьютера автомобиля заводим на RC цепочку, на конденсаторе которого будет напряжение в зависимости от скважности ШИМ. При напряжении питания 12 В и скважности 50% – на конденсаторе напряжение достигнет 6 В, при 99% – 11,88 В, при 100% – полностью зарядится до напряжения аккумулятора 12 В. На входы операционного усилителя подаем на отрицательный вход +12 В питания аккумулятора, а на положительный – подаем напряжение с конденсатора. Оно зависит от скважности ШИМ, а выход операционного усилителя подаем через сопротивление на базу биполярного транзистора, который служит усилителем для хорошего открывания и закрывания полевого транзистора, а также дает инверсное значение на затворе транзистора относительно выходного значения операционного усилителя. Таким образом, при подаче на управляющем входе 100% скважности, на конденсаторе будет такое же напряжение, что и на аккумуляторе. Это значит, что напряжение на двух входах будет одинаково и на выходе операционного усилителя образуется логическая «1», которая откроет биполярный транзистор. Сопротивление коллектор – эмиттер будет близко к нулю и станет на порядок меньше сопротивления R4, что обеспечит логический ноль на затворе полевого транзистора. Транзистор VT2 будет надежно закрыт, и вся система будет отключена от питания. При любом другом проценте скважности на управляющем входе напряжение на конденсаторе не будет равным напряжению питания, что даст логический «0» на выходе операционного усилителя. Этот ноль закроет транзистор VT1 и обеспечит логическую единицу на затворе транзистора VT2, что в итоге запустит всю систему.

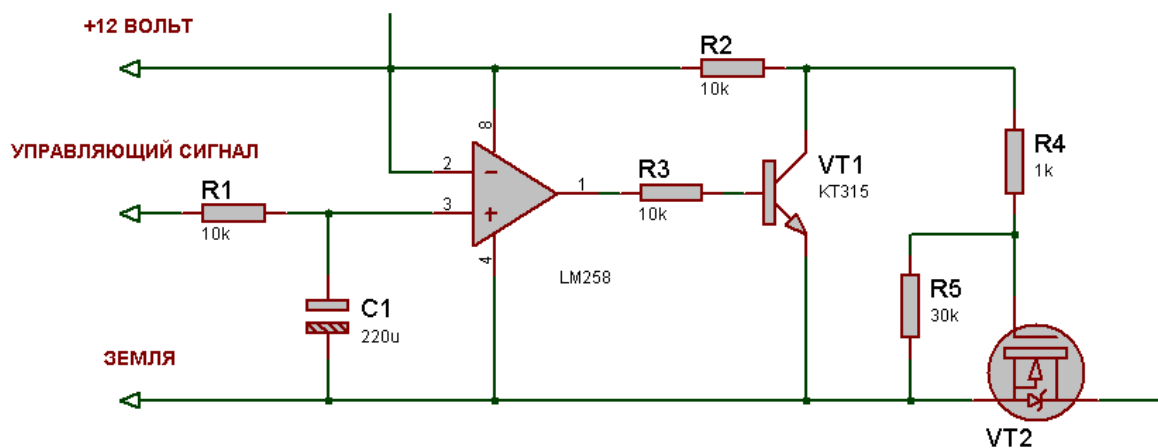


Рис. 2. Схема автоматического электронного реле

Данная система обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с обычным электромагнитным реле, в первую очередь, это значительно меньшие размеры и низкое потребление энергии, нет необходимости включать питание управления реле – включение происходит автоматически. Также полностью отсутствуют механические контакты, это обеспечит много больший ресурс системы. Система показывает хорошее быстродействие, отсутствие радиопомех при замыкании контактов, как это было в электромагнитном реле, а также включает блок управления вентилятором только тогда, когда главный компьютер дает команду на включение вентилятора.

Библиографический список

1. Игумнов Д. В., Королев Г. В. Основы микроэлектроники. М.: Высш. шк., 1991. 253 с.
2. Кузовкин В. А. Электроника. М.: Логос, 2005. 327 с.
3. Зайцев Н. И. Радиолубительские конструирования на PIC-микроконтроллерах. Киев: МК-Пресс, 2008.

УДК 620.9

М. В. Пархомец

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ, ПОВЫШАЮЩИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Далеко не все владельцы частных домов задумываются, эффективно ли они потребляют электрическую и тепловую энергию, справедлива ли цена за нее, как можно сделать потребление энергии разумнее и, следовательно, снизить затраты на нее. Чтобы повысить показатели энергоэффективности дома, не обязательно его полностью перестраивать. Существуют системы, включающие в себя сразу множество решений по повышению энергоэффективности дома. Они называются «Умный дом».

Умный дом – система, объединяющая все коммуникации жилого дома и управляемая искусственным интеллектом, который программируется под потребности и пожелания человека. Эта система включает в себя управляющие элементы, датчики и исполнительные устройства.

Управляющий элемент позволяет взаимодействовать со всеми «умными» приборами и создавать сценарии работы для различной техники. Например, по нажатию кнопки в доме гаснет свет и выключаются приборы, которые работают от умных розеток.

«Умный дом» можно настроить таким образом, чтобы он включал определенную технику только в ночное время суток, когда согласно тарифу на электроэнергию, дифференцированному по часовым зонам, стоимость электроэнергии за 1 кВт ниже.

Среди датчиков «Умного дома» имеются датчики движения и датчики температуры и влажности. Например, при срабатывании, датчики движения зажигают свет. Датчик температуры и влажности следит за температурой в доме. Если она опускается или поднимается выше установленного значения, датчик отправляет сигнал центру управления, а он в свою очередь исполнительному устройству – обогревателю. Для каждого помещения можно настроить свой климат и свою температуру.

Для экономии тепловой энергии вместо радиатора «Умный дом» предлагает установку теплого пола. Он может быть двух видов: водный подогрев и электрический подогрев. Электрический является менее прихотливым и затратным в эксплуатации. Он представляет собой особые электрические панели, которые нагреваются от электричества. Теплый пол потребляет на 20% электроэнергии меньше, чем обогреватель или радиатор и имеет долгий срок службы – около 60 лет.

«Умный дом» является модульной системой, а значит легко расширяемой. Цена будет зависеть от выбранной комплектации. Впоследствии можно докупить необходимое оборудование, тем самым увеличив потенциал и возможности «Умного дома».

На сегодняшний день 10% домашних хозяйств в США и 3% хозяйств в Европе имеют системы умного дома (таблица).

На рис. 1 приведена мировая статистика проникновения умных технологий в дома.

Проникновение умных технологий в российские дома составляет менее 1% (0,7–0,9%). Если сравнить этот показатель с западным, то Россия запаздывает на 3–5 лет.

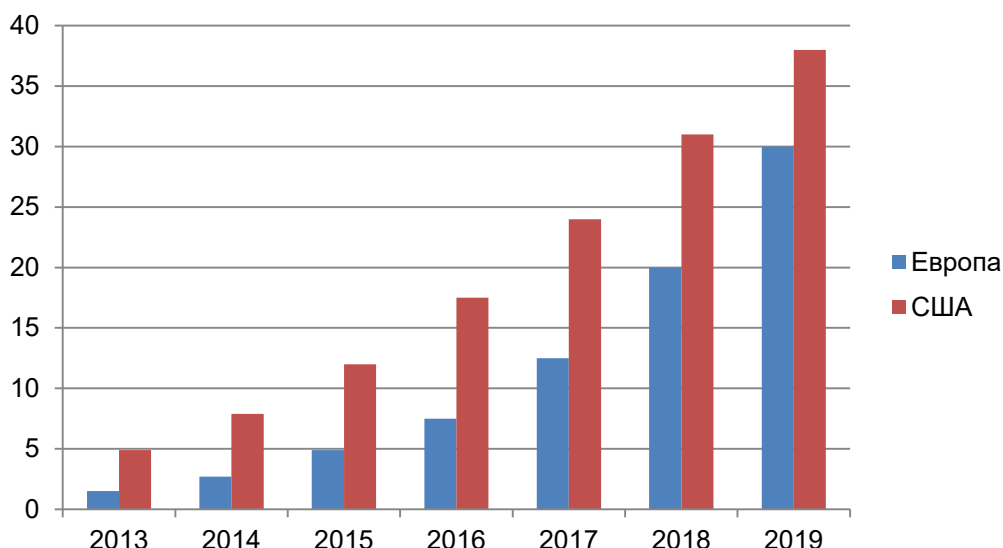


Рис. 1. Общее количество умных домов в мире

Количество домохозяйств (д/х), оборудованных системой УД, млн. и %

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
США, 130 млн. д/х	Кол-во д/х с УД, млн	4,9	7,9	12	17,5	24	31	38
	Проникновение УД	3,80%	6,10%	9,20%	13,50%	18,50%	23,80%	29,20%
Европа, 178 млн. д/х	Кол-во д/х с УД, млн	1,5	2,7	4,9	7,5	12,5	20	30
	Проникновение УД	0,80%	1,50%	2,80%	4,20%	7,00%	11,20%	16,90%

В настоящее время экономическая обстановка стремительно меняется. В связи с этим значимость экономии энергоресурсов становится все более актуальной темой для российского потребителя. Этот фактор увеличивает спрос на автоматизированные системы контроля и управления ресурсами жилищно-коммунальных услуг. По данным ИАА «Рустелеком», российский рынок систем умного дома по итогам 2012 г. оценивался примерно в 4 млрд рублей, а в 2016 году уже в 10,1 млрд рублей (рис. 2).

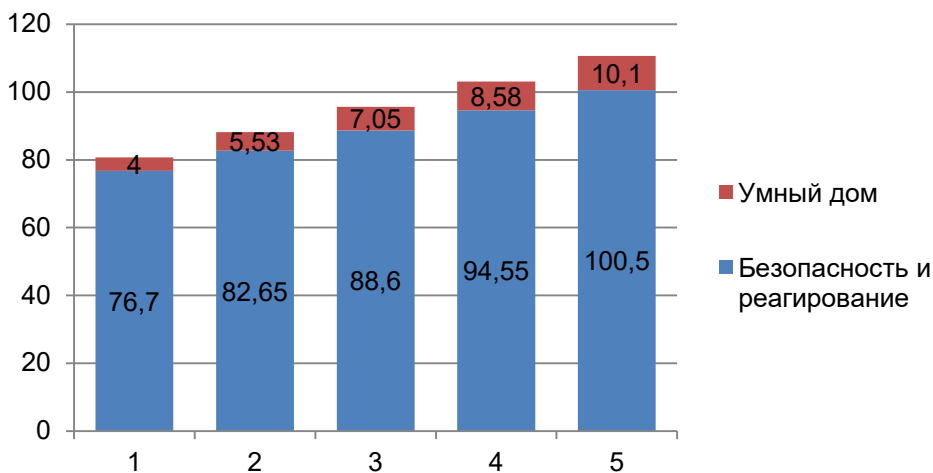


Рис. 2. Объем рынков в РФ, млрд рублей

Подводя итог можно сказать, что спрос на системы «Умный дом» будет увеличиваться, поскольку они наряду с использованием дополнительных мер по снижению электрических и тепловых потерь позволят также повысить безопасность использования электрооборудования в жилом доме.

Библиографический список

1. СоХабр. URL: <https://sohabr.net> (дата обращения: 23.02.2018).
2. Умный дом. URL: <http://dom-automation.ru> (дата обращения: 22.02.2018).
3. Умный дом. URL: <http://www.dom-electro.ru> (дата обращения: 23.02.2018).

УДК 621.8

Н. П. Пермяков

студент кафедры управления в технических системах

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНО-МЕХАНИЧЕСКИМ
КОННЕКТОРОМ МОДУЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО УЗЛА**

Создание унифицированных функциональных компонентов роботов явилось первым этапом унификации в области робототехники. Ее следующим этапом стала унификация конструкции этих компонентов и программного обеспечения на основе модульного принципа построения [1]. Сущность этого принципа заключается в построении механических, аппаратных и программных частей робота из более мелких унифицированных частей – модулей, которые позволяют осуществлять различные компоновки из некоторого их набора. Система таких модулей строится по иерархическому принципу, когда более сложные модули состоят из более мелких модулей. Например, привод, выполненный в виде модуля, является готовой конструктивной частью для сборки манипуляторов и устройств передвижения, приспособленной для соединения с модулями другого функционального назначения [2]. При этом, в свою очередь, он состоит из ряда модулей, которые позволяют собирать различные модификации.

Для соединения таких модулей используются различные методы. Одним из типов такого соединения является магнитный коннектор. Принцип устройства основан на магнитах. Стоит учитывать, что разработка магнитного коннектора будет осуществляться для модуля малого размера. На макроуровне электромагнитная сила является подавляющим физическим механизмом электромеханического запаса энергии [3]. На микроуровне доминантными механизмами являются электростатика и магнетизм [4]. Традиционно использование электромагнитной силы в малых масштабах имеет три основных недостатка:

- Необходимость использования специальных материалов.
- Высокая плотность обмотки.
- Низкие коэффициенты потребления станичной энергии в связи с низким сопротивлением обмоток малого масштаба.

При выборе магнитного коннектора стоит учитывать, что наиболее подходящим будет являться постоянный магнит, это объясняется тем, что данные магниты являются более энергосберегающими. Однако магнитам на переменном принципе работы требуется меньше время для срабатывания, так как электромагнитная постоянная времени у них обычно соизмерима с величиной одного периода переменного тока, а электродвижущая сила самоиндукции, возникающая при движении якоря, значительно ниже приложенного напряжения. Однако время срабатывания может быть уменьшено путем специальных мер, сводящихся к снижению отношения напряжения самоиндукции к приложенному напряжению или уменьшению вихревых токов.

На рис. 1 представлен прототип магнитного коннектора. В качестве обеспечения магнитными свойствами были выбраны следующие магниты, состоящие из сплавов NdFeB и AlNiCo и расположенные параллельно.

При выключенном питании циркуляция магнитного потока осуществляется только внутри магнита. В момент включения циркуляция магнитного потока выходит за рамки магнита. Импульс внутри обмотки позволяет оставить намагниченным только магнитный материал из AlNiCo, который имеет меньшую коэрцитивную силу по сравнению с магнитным материалом NdFeB [5].

На рис. 2 показаны движение тока в магните и напряженность магнитного поля.

На рис. 3 показана сила, возникающая при соединении магнитного коннектора с платой.

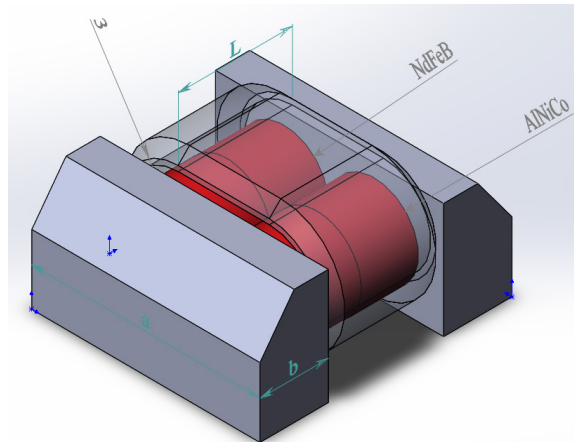


Рис. 1. Модель магнитного коннектора, выполненная в программе Solidworks: а и в – это габариты элемента; 3 – обмотка магнита; L – ширина обмотки

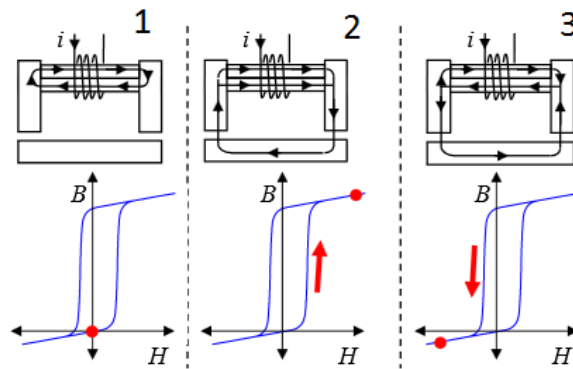


Рис. 2. Графики зависимости

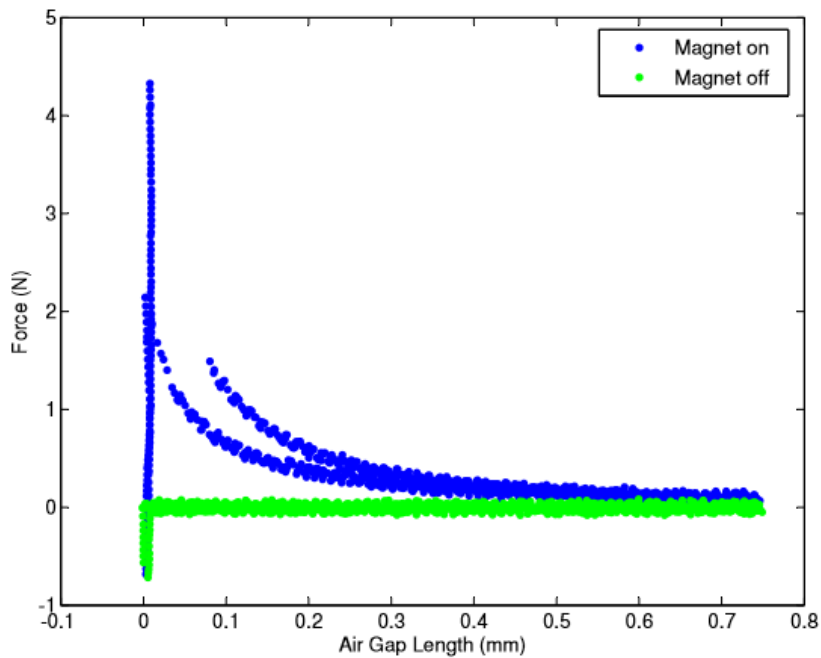


Рис. 3. График зависимости силы от удаления магнитного коннектора от платы при включенном и выключенном режимах

Магнитный коннектор был включен, когда расстояние до платы составляло 0 и пиковое значение было 4,4 Н, по мере удаления от платы сила уменьшалась. Для достижения силы 4,4 Н постоянному магниту требуется время 100 мкс.

Библиографический список:

1. Лопота А. В., Юревич Е. И. Перспективы развития модульного принципа построения средств робототехники // Стандарты и качество. 1989. № 5.
2. Юревич Е. И. Основы робототехники. М.: Стандарты и качество, 1985. 252 с.
3. Fitzgerald Jr. A. E., Kingsley C., and Umans S. Electric Machinery. McGrawHill, New York, NY, 2002.
4. Fan Long-Sheng, Tai Yu-Chong, and Muller R. S. IC-processed electrostatic micro-motors. In Electron Devices Meeting, 1988. IEDM '88. Technical Digest., International. 1988. Pp. 666–669.
5. MEMS actuators and sensors: observations on their performance and selection for purpose. D J Bell, T J Lu, N A Fleck and S M Spearing // Journal of Micromechanics and Microengineering, 15(7):S153–S164, 2005.

УДК 629.735.33

Н. Д. Пищалкина

студентка кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель

TU-NUR – ПРОЕКТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТУНИСЕ

Введение

В современном мире многие страны стараются максимально перейти к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ): ветряной, гидроэнергетике или солнечной, чтобы решить энергетические и политические трудности. Во-первых, сохраняется природа и ее богатства, во-вторых, решаются экономические проблемы стран.

Во многих странах есть природные источники энергии, которые используются не в полной мере или не используются вовсе. Самый максимальный показатель в достижении заветной цели, можно увидеть в Дании (рис. 1) – показатель возобновляемых источников энергии в общем объеме ее производства составляет 29%.



Рис. 1. Данные ВИЭ по миру на 2012 год

Что касается России, то по мнению многих экспертов углеводороды еще не скоро уступят свои доминантные позиции. Пока что выработка МВт энергии на объектах ВИЭ обходится в четыре раза дороже, чем на обычной электростанции. Немаловажно также, что у проектов ВИЭ выработка осуществляется нестабильно, из-за чего их приходится дополнять традиционной генерацией. В настоящее время идет активный поиск подходящих энергонакопителей, но в масштабах страны решить этот вопрос пока не удается.

Решение инженеров в мире

Пока Россия не видит особых причин для перехода на ВИЭ, перед инженерами других стран стоит задача: как же перейти к возобновляемой электроэнергии?

Tu-Nur – проект по экспорту солнечной энергии из Туниса в Европу. Проект внесет значительный вклад в декарбонизацию европейской сети, открыв новый энергетический коридор между Северной Африкой и Европой, целенаправленно построенный для транспортировки солнечной энергии из пустыни Сахара в европейскую сеть.

Британская компания Tu-Nur Ltd запросила разрешение властей Туниса на строительство в пустынной части страны объектов солнечной генерации суммар-

ной мощностью 4,5 ГВт. Речь идет о солнечных тепловых (гелиотермальных) электростанциях (технология Concentrated Solar Power – CSP), оснащенных высокотемпературными накопителями тепловой энергии в виде емкостей с расплавленной солью, за счет чего может обеспечиваться круглосуточная выработка электричества.



Рис. 2. Проект станции Tu-Nur

В таблице представлены два основных действия, с помощью которых будет реализован этот проект.

Принципы работы Tu-Nur

Действие	Следствие
Зеркала отражают луч	Системы плоских зеркал, расположенные на большой площади, отражают солнечные лучи на центральный теплоприемник. Затем эта энергия будет передаваться на землю с помощью микроволновых или лазерных пучков
Передача по всей Европе	Со временем передача электроэнергии этой станции может набрать такие обороты, что Tu-Nur станет конкурирующей платформой вместе с ветряными и водяными ВИЭ

После окончания строительства объекты солнечной генерации займут площадь в 25 тысяч гектаров земли (в пустыне), непригодной для сельскохозяйственного использования.

Компания – инициатор проекта, образована тунисским разработчиком солнечных электростанций Nur Energie Ltd, в котором участвуют британские инвесторы в сотрудничестве с инвесторами из Туниса и Мальты.

Три подводных высоковольтных кабеля свяжут комплекс гелиотермальных электростанций, расположенный неподалеку от Rjim Maatoug в юго-западной части Туниса, с Мальтой, Италией и Францией.

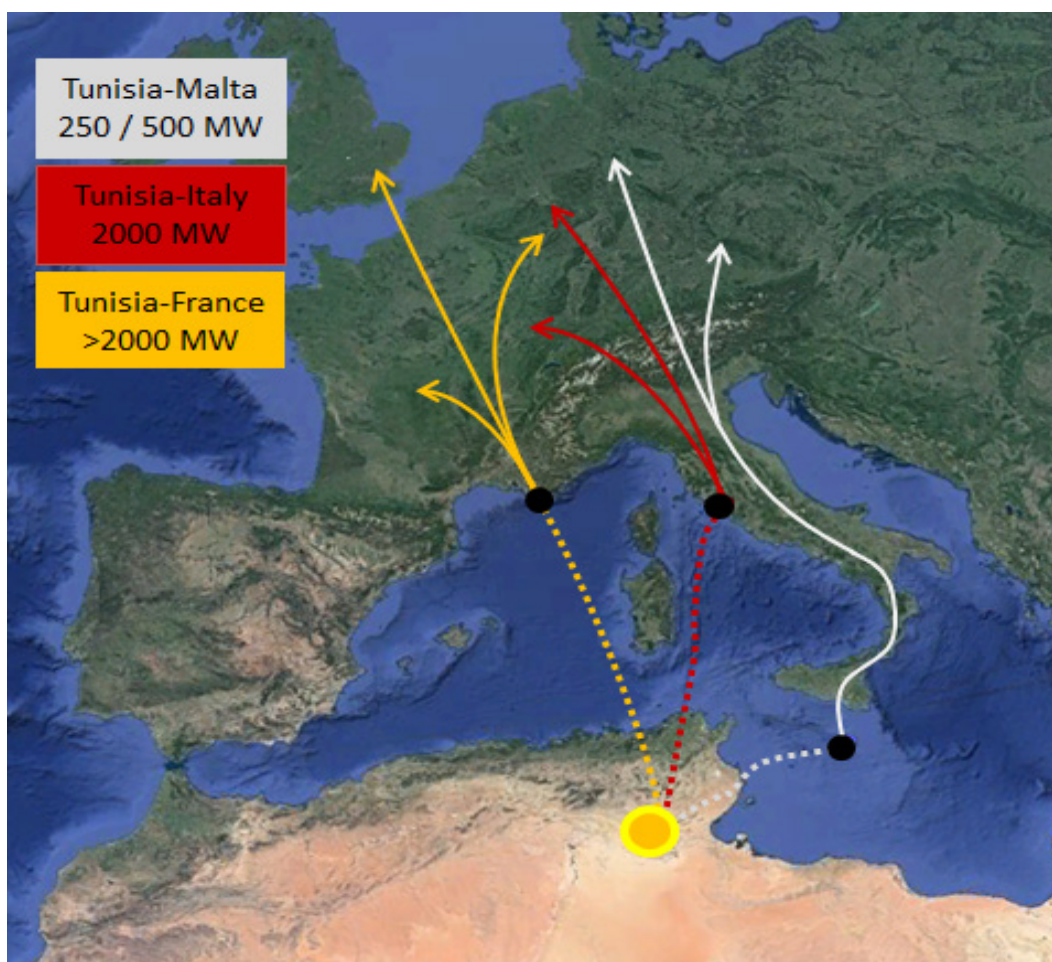


Рис. 3. Распределение энергии от Туниса до стран Европы

Проект включает в себя не только строительство генерации, но и линий электропередачи и прочей энергетической инфраструктуры.

На первом этапе будет построена тепловая солнечная электростанция с установленной мощностью 250–500 МВт, связанная кабелем с Мальтой. Она должна начать работу в 2020 г., а плановый объем инвестиций оценивается в 1,6 млрд евро. Проект строительства солнечных электростанций включает в себя программы местного развития, а также предусматривает участие тунисской промышленности в производственной цепочке. В зависимости от желания правительства Туниса часть производимой электроэнергии может быть использована внутри страны.

Вывод

В первом десятилетии нынешнего столетия был разработан масштабный проект Desertec, предусматривающий строительство 100 ГВт солнечной генерации в пустыне Сахара и переброску электроэнергии в Европу. Проект не пошел, но идея, которая, собственно, лежит на поверхности, не погибла. Очевидно, что «объекты в Сахаре получают в два раза больше солнечной энергии по сравнению с такими же объектами в Европе, т. е. на ту же сумму инвестиций мы можем производить вдвое больше электричества», – отмечает глава TuNur.

Поэтому нет сомнений, что ряд аналогичных проектов меньшего размера будет реализован. Управлять рисками сравнительно небольших проектов несравнимо проще.

Библиографический список

1. Электроэнергетика России 2030: Целевое видение / под ред. Б. Ф. Вайзихера. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 360 с.
2. Уделл Свен. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. М.: Знание, 1980.
3. <http://www.nurenergie.com/tunur/index.php/english/project/overview>
4. <http://www.solarpaces.org/tur-nur-revives-sahara-europe-csp-export-idea/>
5. <https://www.thenational.ae/business/energy/mena-solar-farms-to-power-europe-underway-1.625370>

УДК 621.316

Д. Е. Попков

студент кафедры управления в технических системах

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ГИБРИДНЫЙ КОММУТАТОР ПОСТОЯННОГО ТОКА

В настоящий момент известно несколько способов выключения постоянного тока большой мощности.

1. Перевод тока с механических контактов в контакты дугогасительной камеры. Несмотря на известные преимущества, такие как простота использования и относительно небольшое собственное время отключения (6–8 мс), подобный способ обладает рядом недостатков. Во-первых, защитно-коммутационные аппараты обладают довольно большими массогабаритными характеристиками. Во-вторых, они имеют небольшой ресурс по отключению аварийного тока, уже после 40 отключений аварийного тока необходима ревизия контактов и дугогасительной камеры.

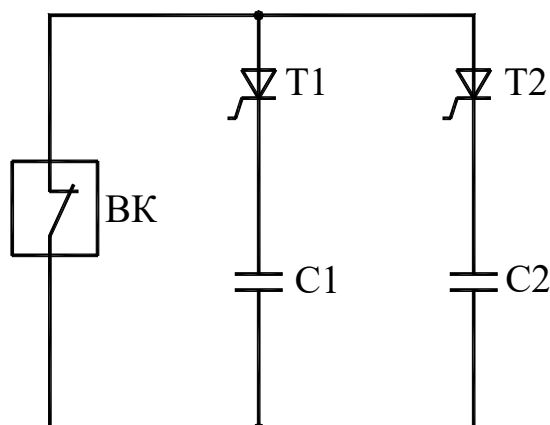
2. Перевод тока при размыкании контактов выключателя в шунтирующие их тиристоры, после чего ток гасится системой противотока.

3. Перевод тока при размыкании контактной системы в параллельно включенную вакуумную камеру, при этом гашение тока в вакуумной камере осуществляется при помощи системы противотока. Подобный способ выключения имеет ряд преимуществ. Во-первых, в вакуумных выключателях восстановление электрической прочности межконтактного промежутка после погасания дуги отключения происходит достаточно быстро (30–50 мкс). Во-вторых, обслуживание данных систем является относительно простым. Недостаток вакуумных камер заключается в небольшом ресурсе аварийных отключений (около 50 циклов). После исчерпания данного ресурса камеры подлежат замене. В свою очередь и сам механизм гашения дуги противотоком имеет очевидный недостаток – отсутствие универсальности. Это обусловлено тем фактом, что необходимо точно знать, какой именно ток будет протекать в схеме, так как в случае, если значение противотока будет превышать значения тока, то электрическая дуга может просто поменять направление движения, а не погаснуть. Тем не менее, несмотря на подобный недостаток данного способа отключения, он находит широкое применение в современной электротехнической отрасли. Например, в системе коммутации постоянного тока в ITER.

Рассмотрим гибридный коммутатор постоянного тока на основе вакуумного размыкателя и конденсаторной системы гашения дуги (рисунок).

При размыкании основной контактной системы ток переходит в параллельно включенную вакуумную камеру. Затем при размыкании контактов вакуумной камеры возникает дуга, напряжением которой включается тиристор, подключающий конденсаторы большой емкости (электролитические) параллельно контактам вакуумной камеры. Емкость конденсаторов выбирается такой, чтобы при переходе тока из вакуумной камеры в цепь заряда конденсаторов, напряжение на конденсаторах, вместе с падением напряжения на тиристорах, было бы меньше напряжения дуги. В этом случае дуга в вакуумной камере гаснет и происходит деионизация (восстановление электрической прочности) межконтактного промежутка. Весь ток в цепи тиристор-конденсаторы заряжает конденсаторы. Увеличение напряжения на конденсаторах компенсируется увеличением напряжения на индуктивности силовой цепи. Величина тока силовой цепи сохраняется постоянной

во время коммутации. При определенном напряжении на конденсаторах, которое меньше их номинального напряжения, запускается тиристор, включающий параллельно первой батарее конденсаторов вторую высоковольтную незаряженную батарею. Ток переходит из цепи заряда первой батареи во вторую. После полного перехода тока тиристор в цепи заряда первой батареи закрывается и отключает низковольтную батарею. Аналогично может быть включена еще одна батарея конденсаторов на еще более высокое напряжение, а тиристор второй батареи гасится током от своей батареи при попытке ее разряда на следующую батарею. Накопленную в индуктивности силовой цепи энергию можно погасить или зарядом емкостей, или разрядным сопротивлением, рассчитанным на соответствующую энергию.



Упрощенная схема предлагаемой установки:

БК – вакуумная камера; С1 – низковольтная батарея конденсаторов;
С2 – высоковольтная батарея конденсаторов; Т1, Т2 – силовые тиристоры

Данный способ позволяет не только в сотни раз увеличить ресурс вакуумной камеры (так как дуга, возникающая при аварийном выключении тока, горит значительно меньше времени), но и значительно уменьшить массогабаритные характеристики системы выключения постоянного тока большой мощности. Также стоит отметить, что подобная схема выключения является более универсальной из-за отсутствия системы противотока, которая рассчитывается на строго определенные значения и в случае не совпадения тока, который требуется погасить, и противотока электрическая дуга либо не гаснет, либо загорается в противоположную сторону.

Библиографический список

1. Раховский В. И. Физические основы коммутации электрического тока в вакууме. М.: Наука, 1970.
2. Залесский А. М. Электрическая дуга отключения. Ленинград: Гос. энергетическое изд-во, 1963.

УДК 62-932.4

Ю. С. Пылин

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук – научный руководитель**ЗАЩИТА ПРИБОРОВ ОТ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

Исходя из имеющихся представлений о влиянии постоянного магнитного поля на оборудование, известно, что наличие постоянного магнитного поля может приводить к следующим сбоям в работе, таким как:

- подмагничивание сердечников трансформаторов,
- увеличение погрешностей датчиков тока и напряжения,
- отказ вакуумного разъединителя.

При несоответствии требованиям норм (в зависимости от характера выполняемых работ и уровня напряженности магнитного поля) для защиты от воздействия магнитных полей применяют практически такие же мероприятия, способы и средства, как и при защите от воздействия электрических полей:

- защита временем и расстоянием;
- уменьшение параметров излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника излучения.

При разработке и эксплуатации технологических установок постоянного тока, создающих постоянное магнитное поле в большом объеме рабочего пространства, необходимо обеспечивать дистанционное управление технологическим процессом. Пульты управления установками должны быть вынесены за пределы зоны, в которой уровни магнитного поля превышают ПДУ с учетом времени действия [1].

Для предупреждения неблагоприятного действия постоянного магнитного поля (ПМП) на руки работающих в производстве изделий электронной техники требуется осуществление следующих мероприятий:

- увеличить габариты кожухов на магнитных установках, предотвращающих контакты рук, работающих с ПМП;
- внедрить сквозные технологические кассеты на участках сборки, исключая воздействие ПМП на руки работающих;
- внедрить специальные приспособления дистанционного принципа действия для захвата приборов в магнитном поле и манипуляций.

Технологические установки постоянного тока следует размещать на таком расстоянии друг от друга, чтобы персонал, занятый на одном рабочем месте, не попадал в зону действия ПМП от другого источника.

При организации рабочих мест (рабочих зон) следует осуществлять и такие организационные мероприятия по снижению воздействия ПМП на организм человека, как выбор рационального режима труда и отдыха, сокращение времени нахождения в условиях действия ПМП, определение маршрута движения в рабочей зоне, ограничивающего контакт с ПМП [2].

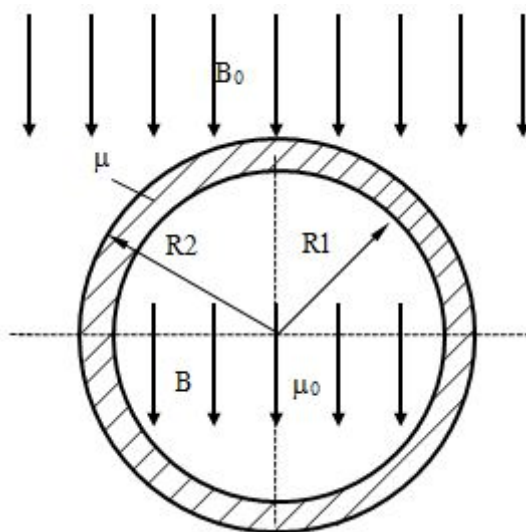
Следует отметить, что кроме защиты временем, расстоянием и указанных мероприятий, наиболее действенной технической мерой для защиты от магнитного поля является экранирование. Экранирование от постоянных магнитных полей осуществляется посредством того, что для защиты человека или какого-либо оборудования от влияния посторонних магнитных полей их окружают массивными замкнутыми оболочками из ферромагнитного материала. Такие оболочки и

называют магнитными экранами. Поле внутри экрана оказывается ослабленным по сравнению с внешним полем.

Например, для экрана в форме полого шара с радиусами R_1 и R_2 (рисунок) и с абсолютной магнитной проницаемостью стенок m , помещенного во внешнее однородное поле с индукцией B_0 , магнитная индукция B в полости экрана равна

$$B = B_0 \frac{1}{1 + \frac{2}{9} \left(1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right) \left(\frac{\mu_0}{\mu} + \frac{\mu}{\mu_0} - 2 \right)}.$$

Например, если $R_1 = 0,8 R_2$ и $m = 4000$, то $B = 0,023 B_0$. Следовательно, напряженность поля внутри экрана составляет 2% от напряженности внешнего поля.



Экран в форме полого шара
с радиусами R_1 и R_2

Принцип действия большинства преобразователей средств измерений основан на преобразовании электрической и магнитной энергий, поэтому электрические и магнитные поля, наводимые внутри средств измерений источниками, расположенными вблизи, искажают характер преобразования электрической и магнитной энергии в измерительном устройстве. Для защиты чувствительных элементов приборов от влияния внутренних и внешних электрических и магнитных полей применяют экранирование.

Под магнитным экранированием какой-либо области пространства понимается ослабление магнитного поля внутри этой области путем ограничения ее оболочкой, изготовленной из магнито-мягких материалов. В практике также применяется другой способ экранирования, когда в оболочку помещают источник магнитного поля, ограничивая тем самым распространение последнего в окружающую среду.

Основы экранирования базируются на теории распространения электрического и магнитного поля. Излучаемая энергия передается электромагнитным полем. Когда поле изменяется во времени, его электрическая и магнитная составляющие существуют одновременно, причем одна из них может быть больше другой. Если больше электрическая составляющая, то поле считается электрическим, если больше магнитная составляющая, то поле считают магнитным. Обычно поле имеет ярко выраженный характер вблизи своего источника на расстоянии длины волны. В свободном пространстве, на большом расстоянии от источника

энергии (сравнительно с длиной волны) обе составляющие поля имеют равное количество энергии. Кроме того, всякий проводник, расположенный в электромагнитном поле, обязательно поглощает и вновь излучает энергию, поэтому и на малых расстояниях от такого проводника относительное распределение энергии отличается от распределения энергии в свободном пространстве [3].

Экранирующее действие металлического экрана обуславливается двумя причинами: отражением поля от экрана и затуханием поля при прохождении сквозь металл. Каждое из этих явлений не зависит одно от другого и должно рассматриваться отдельно, хотя общий экранирующий эффект является результатом их обоих.

Влияние электромагнитного излучения имеет системный характер и нуждается в соответствующих системных методах защиты от него. В настоящий момент проводятся испытания, которые помогут проанализировать влияние магнитного поля на различное оборудование.

Библиографический список

1. Интернет-источник: http://libraryno.ru/3-7-zaschita-ot-vozdeystviya-magnitnyh-poley-2013_ner1_1/ (дата обращения: 10.03.2018).
2. СанПИН 2.2.4.0-95. Гигиенические требования при работе в условиях воздействия постоянных магнитных полей.
3. Шапиро Д. Н. Основы теории электромагнитного экранирования. М.: Энергия, 1975.

УДК 621.311

А. В. Рысин

магистр кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТАТИЧЕСКУЮ И ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Электрические системы обладают статической и динамической устойчивостью. *Статическая устойчивость* – это способность системы восстанавливать исходный режим после малого возмущения. При установившемся режиме энергия, выдаваемая источником питания, равна сумме потребляемой мощности и потерь при передаче энергии. При изменении количества потребляемой мощности этот баланс нарушается. Если источник питания в состоянии покрыть этот рост потребляемой мощности, то система является статически устойчивой.

Факторы, влияющие на статическую устойчивость:

- шунтирующие реакторы;
- емкостные поперечные компенсирующие устройства (конденсаторные батареи);
- управляемые источники реактивной мощности;
- подстанции с промежуточной электрической нагрузкой [1].

Шунтирующий реактор – это электромагнитное устройство с большим индуктивным и малым активным сопротивлением. Это устройство применяют для повышения пропускной способности линий сверхвысокого напряжения, регулирования реактивной мощности и напряжения. Шунтирующие реакторы рассчитаны на напряжения 35–750 кВ и могут как присоединяться к линии, так и включаться на шины подстанции.

Токоограничивающий реактор – электрический аппарат, предназначенный для ограничения ударного тока короткого замыкания. Реакторы подключаются наглухо или через выключатели в концевых точках линий электропередачи длиной свыше 300 км для предотвращения появления перенапряжений при коммутационных переключениях. В некоторых случаях реакторы подключаются к шинам высшего напряжения станционных и сетевых подстанций. Подключение шунтирующего реактора вносит дополнительное индуктивное сопротивление, что приводит к уменьшению передаваемой мощности. Основным параметром реактора является его индуктивное сопротивление, задаваемое в омах или в процентах. Поскольку по конструкции реактор – это катушка без магнитного сердечника, его сопротивление не зависит от протекающего тока.

$$x_p = \omega L_p \text{ (Ом)}, \quad x_p \% = x_p \frac{\sqrt{3}I_{\text{НР}}}{U_{\text{НР}}} \cdot 100,$$

где $I_{\text{НР}}$ и $U_{\text{НР}}$ – номинальные значения тока и напряжения реактора.

Кроме эффекта токоограничения реакторы позволяют поддерживать на шинах определенный уровень остаточного напряжения при повреждениях за реакторами. Поддержание более высокого уровня остаточного напряжения благоприятно сказывается на потребителях электроэнергии, питающихся от того же источника, что и поврежденная цепь.

Сдвоенные реакторы конструктивно подобны обычным, но от средней точки обмотки есть дополнительный вывод, к которому чаще всего подключается ис-

точник. Условное обозначение сдвоенного реактора и его электрическая схема приведены на рис. 1, а.

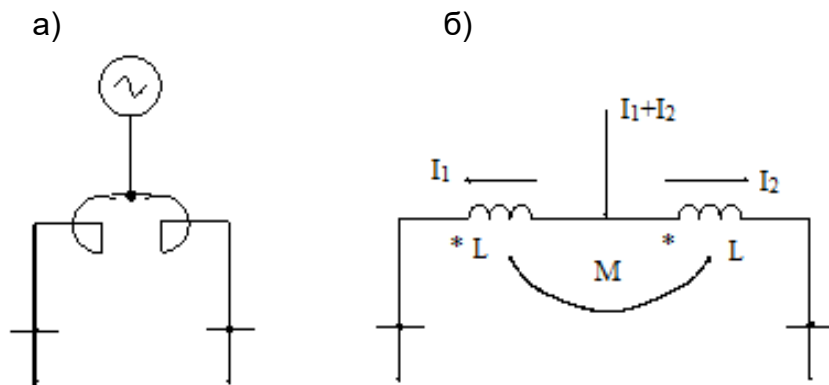


Рис. 1. Сдвоенный реактор (а) и его схема замещения (б)

Ветви реактора выполняют на одинаковый номинальный ток I_n , а средний вывод на $2I_n$. За номинальное сопротивление сдвоенного реактора принимают сопротивление ветви обмотки при отсутствии тока в другой.

Преимуществом такого реактора является то, что в зависимости от направления токов в ветвях и схемы включения его сопротивление может уменьшаться или увеличиваться. Эта особенность обусловлена магнитной связью между ветвями каждой фазы (взаимной индуктивностью M). С учетом M потеря напряжения в ветви реактора, включенного по схеме (рис. 1, б) определяется:

$$\Delta U_p = I_1 \omega L \sin \varphi_1 - I_2 \omega M \sin \varphi_2,$$

т. е. за счет M она меньше, чем в случае обычного реактора с таким же x_p [2].

Конденсаторные батареи (КБ) – это установки, компенсирующие емкостную или индуктивную составляющую переменного тока. Конденсаторные батареи иногда устанавливаются и подключаются в промежуточных точках линий электропередачи с целью поддержания нормальных уровней напряжения при передаче больших потоков мощности. Поскольку конденсаторы снижают индуктивную составляющую, передаваемая мощность растет, из чего делается вывод, что конденсаторные батареи положительно влияют на статическую устойчивость. Принцип работы конденсаторных батарей показан на рис. 2.

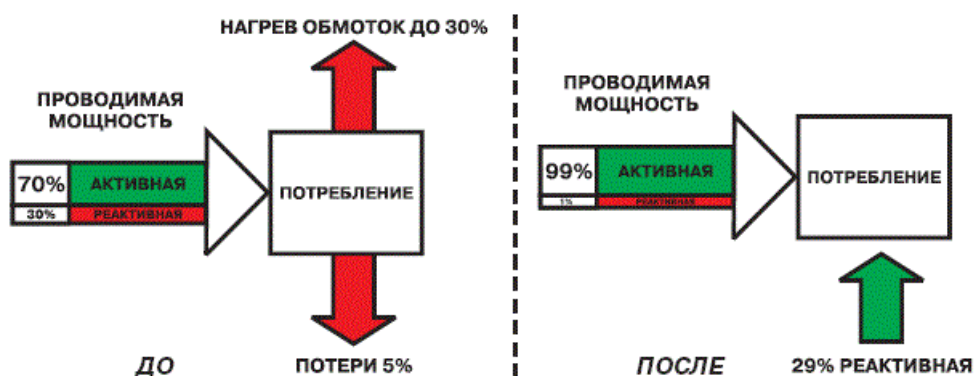


Рис. 2. Принцип работы устройств компенсации реактивной мощности (КРМ)

Конденсаторные батареи способны регулировать генерируемую ими мощность только ступенчато. Для их коммутации (включения, выключения) применяют в сетях до 1 кВ обычные контакторы, в сетях 6–10 кВ и выше выключатели ли-

бо тиристорные ключи (два тиристора или тиристорных блока, включенных встречно-параллельно). Такие батареи подключаются параллельно нагрузке. Зависимость уровня напряжения от количества секций КРМ показана на рис. 3, а, б.

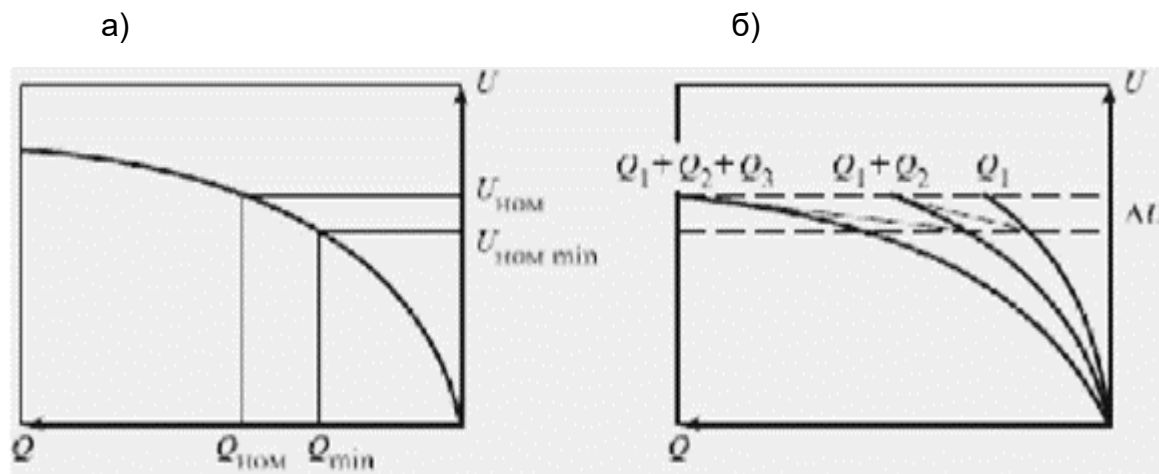


Рис. 3. Зависимость уровня напряжения от количества секций КБ

Управляемые источники реактивной мощности – любые устройства, способные целенаправленно воздействовать на баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе. Это воздействие может быть достигнуто увеличением или уменьшением как генерируемой, так и потребляемой реактивной мощности. Источник реактивной мощности – это обязательно регулируемое устройство, мощность которого изменяется вручную или автоматически, дискретно, плавно или плавно-ступенчато. В условиях современной промышленности источники реактивной мощности используются для снижения потерь активной мощности и электроэнергии, регулирования напряжения в узлах нагрузки, увеличения пропускной способности электропередач, ограничения перенапряжений, симметрирования режима. Такие источники устанавливаются на крупных подстанциях 330–500 кВ и подключаются к низкому напряжению 10–20 кВ. Это синхронные машины, работающие в режиме холостого хода, т. е. без активной нагрузки.

Синхронный компенсатор (СК), включенный в систему без возбуждения, потребляет реактивную мощность (индуктивный режим). Потребляемая в этом режиме реактивная мощность может быть определена по формуле

$$Q_{СК} = \frac{U^2}{x_d},$$

где x_d – синхронное реактивное сопротивление СК.

При включении возбуждения и постепенном увеличении тока ротора СК переходит в режим генерирования реактивной мощности (емкостный режим). Минимальная длительно допустимая реактивная мощность СК, как правило, не ниже 50% номинальной мощности. Снижение потребляемой в этом режиме мощности сопровождается снижением ЭДС синхронной машины, и, как следствие, снижается запас устойчивой работы, чем и ограничивается минимальный уровень потребляемой реактивной мощности. В режиме генерирования реактивной мощности $Q_{\max} = S_{\text{ном}}$ допускаются и кратковременные перегрузки путем форсировки тока возбуждения СК. Также, как и для генераторов, свойства СК определяются и его регулятором возбуждения. Достоинством СК является положительный регулирующий эффект, т. е. способность увеличивать генерируемую реактивную мощность при снижении напряжения на его шинах [3].

Подключение промежуточной нагрузки отрицательно влияет на статическую устойчивость, так как в момент подключения происходит падение напряжения. В статически устойчивых системах системы регулирования напряжения отслеживают эти изменения и сразу возрастает передаваемая мощность, если источник питания способен на это.

Динамическая устойчивость – это способность системы восстанавливать исходный режим после большого возмущения. Электроэнергетическая система динамически устойчива, если при каком-либо сильном возмущении сохраняется синхронная работа всех ее элементов.

На динамическую устойчивость негативно влияют аварии, случающиеся в энергосети, такие как обрыв линий электропередачи, короткое замыкание, ложное срабатывание защитной аппаратуры.

В целом устойчивость всей энергосети – это возможность возвращения в исходное состояние при возмущениях. Существуют следующие способы, повышающие устойчивость электроэнергетических систем:

- повышение напряжения в линиях электропередач;
- применение современных быстродействующих выключателей, защит и автоматического повторного включения линий;
- увеличение ЭДС питающих генераторов;
- уменьшение индуктивного сопротивления линий электропередач;
- реновация оборудования;
- резервирование систем электроснабжения;
- увеличение резервов активной мощности;
- автоматическая частотная разгрузка;
- реструктуризация схемы электросети.

Рассмотрим каждый способ в отдельности.

Повышение напряжения в электросети позволит создать некоторый запас напряжения на случай подключений дополнительной нагрузки к питающей сети, а также этот метод способствует уменьшению потерь энергии на нагрев.

Современные средства защиты, АПВ и выключатели обладают высоким быстродействием. Аппараты защиты имеют время срабатывания до 0,005 секунд (рис. 4). При таком высоком быстродействии, в случае аварии, участок будет отключен от сети и введется резерв (либо сработает АПВ) и кратковременный перебой питания будет минимален.



Рис. 4. Устройство АПВ и устройство защиты автоматики

Увеличение ЭДС генераторов также создает некоторый нагрузочный резерв мощности, позволяющий покрыть нарушения статической устойчивости. Для по-

вышения динамической устойчивости при коротком замыкании особенно большое значение имеет форсировка возбуждения, при которой контакты специального реле шунтируют реостаты возбуждения. В результате в обмотку возбуждителя подается наибольший возможный ток. В современных генераторах «потолочный» ток возбуждения составляет 1,8–2,0 от его номинального значения [4].

Уменьшение индуктивного сопротивления может достигаться несколькими способами. Первый способ заключается в применении расщепления фазы на 2 или 3 провода, однако этот метод подходит только для сетей 110 кВ и выше. Второй способ – использование конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности.

Реновация оборудования позволит уменьшить число аварий, связанных с износом электрооборудования. Сегодня часто встречаются трансформаторы и ЛЭП, отработавшие свой срок службы до 2 раз. Также современное оборудование имеет более высокую точность управления, что повысит качество электроэнергии. Однако этот способ подходит далеко не для всех регионов и его применяют только в самых крайних случаях.

Резервирование систем электроснабжения тоже весьма дорогостоящее, однако в случае аварий позволяет не оставить потребителя без электроэнергии.

Резерв мощности можно разделить на три типа: аварийный, нагрузочный и ремонтный. Для резерва активной мощности используют вращающийся аварийный резерв, вводимый при выпадении из синхронизма генераторов или отключении мощных электропередач. Величина минимально необходимого резерва определяется вероятностью наиболее тяжелых аварий и зависит от схемы системы, способа регулирования возбуждения. Резерв реактивной мощности получается за счет недогрузки генераторов в исходном режиме реактивной мощностью, что приводит к ухудшению устойчивости. Генератор в этом случае работает с пониженным током возбуждения и большими начальными углами.

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Снижение частоты в системе электроснабжения происходит из-за нарушения баланса активной мощности. При снижении частоты реактивная мощность, вырабатываемая генераторами, уменьшается, а реактивная мощность, потребляемая нагрузкой, увеличивается. Это понижает напряжение в узлах нагрузки и в некоторых случаях вызывает лавину частоты и напряжения, приводящих к массовому отключению потребителей и нарушению устойчивости параллельной работы. При снижении частоты до опасных пределов автоматически отключается часть нагрузки электрической системы. Автоматическая частотная разгрузка повышает как устойчивость электрической системы, так и устойчивость отдельных узлов ее нагрузки, предотвращая лавину напряжения. В результате обеспечивается нормальная работа основной массы ответственных потребителей. Устройства АЧР разделяют на категории:

– АЧР I (быстродействующая АЧР). Задача АЧР-I: быстрое отключение части потребителей с целью остановить лавинообразный процесс падения частоты в системе. Диапазон уставок АЧР-I лежит от 48,5 Гц до 46,5 Гц с шагом в 0,1 Гц. Мощность отключаемых потребителей равномерно распределяют по ступеням. Выдержка по времени у АЧР I лежит в пределах от 0,3 до 0,5 секунды.

– АЧР II. Задача АЧР II – поднять частоту в системе после остановки «лавины частоты», выполненной АЧР I до значений выше 49 Гц. Она начинает срабатывать после того, как частота установится на уровне 47,5–48,5 Гц. Выдержка времени между ступенями АЧР II больше, чем у АЧР I и выбирается в диапазонах от 5–10 до 70–90 секунд. Такая большая выдержка времени обусловлена тем, что система может длительно работать при частоте выше 49,2 Гц, поэтому быстро доводить значение частоты до номинального путем отключения потребителей,

которые могут получать электроэнергию без особого вреда для системы, не имеет смысла.

– АЧР III. 3 категория – совмещенные АЧР-1 и АЧР-2. Логика при этом сохраняется. При такой схеме выполнения АЧР гарантируется недопущение снижения частоты ниже 46 Гц и восстановление ее до нормального уровня за 1–1,5 минуты. Допускается неселективная работа смежных очередей АЧР-1 (при уставках, отличающихся друг от друга на 0,1 Гц).

Согласно ПУЭ, все потребители электрической энергии делятся на три категории:

– I категория – к потребителям этой группы относятся те, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, опасность для безопасности государства, нарушение сложных технологических процессов и др.;

– II категория – электроприемники, перерыв в питании которых может привести к массовому недоотпуску продукции, простоя рабочих, механизмов, промышленного транспорта;

– III категория – все остальные потребители электроэнергии, для которых допускается перерыв в электропитании до 1 суток (время ликвидации аварии выездной аварийной бригадой) [5].

Реструктуризация системы заключается в том, чтобы полностью изменить схему энергосети таким образом, чтобы разделить ее на несинхронно работающие части, что может предотвратить нарушение динамической устойчивости. В каждой электрической системе заранее устанавливаются точки или сечения, в которых разделение может быть произведено безболезненно. Деление системы приводит к ее ослаблению, поэтому может быть рекомендовано только тогда, когда оно является единственным способом сохранения динамической устойчивости.

При стремительном прогрессе современного оборудования, все аналоговые рычаги, кнопки и регуляторы переводятся на сенсорные экраны, для простоты эксплуатации аналоговые сигналы преобразовываются в цифровые. С каждым годом потребление электроэнергии растет, а требования к качеству становятся жестче. Также растет число потребителей I и II категории. Для повышения устойчивости и качества требуется развитие интеллектуальных реле и систем защиты. Это позволит существенно увеличивать время непрерывной подачи электроэнергии и поможет в развитии электроэнергетической системы страны.

Библиографический список

1. Устойчивость электрических систем: URL: <https://studfiles.net/preview/5863349/page:5/>. (дата обращения: 23.03.2018).

2. Методы ограничения токов КЗ. URL: <http://mirznanii.com/a/322261/metody-ogranicheniya-tokov-korotkogo-zamykaniya>. (дата обращения: 23.03.2018).

3. Кабышев А. В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учеб. пособие. Томск: ТПУ, 2012. 234 с.

4. Мероприятия по улучшению устойчивости электрических систем URL: <https://studfiles.net/preview/5863223/page:6/>. (дата обращения: 23.03.2018).

5. Устройство АЧР. URL: <https://studfiles.net/preview/4614913/>. (дата обращения: 23.03.2018).

УДК 338

Е. Н. Савченко

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ
ПРИ ИННОВАЦИОННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

В настоящее время и каждое отдельное предприятие, и экономика страны в целом нуждаются в «прорывных» передовых технических и технологических объектах. Такие объекты нельзя позаимствовать у других стран, нельзя обменять на сырье, их нужно создать в своей стране силами отечественных инженеров, ученых. Каждой организации необходимо развиваться и улучшать свою продукцию, работы, услуги. Иначе она не сможет быть конкурентоспособной по отношению к другим предприятиям, что может привести к потере прибыли от сбыта. Поэтому развивающиеся организации все время ищут новые идеи, которые могут быть коммерциализированы. Другими словами, предприятиям требуются инновационные изменения.

Инновация представляет собой использование научных достижений в коммерческих целях [1]. Инновационная деятельность, как одна из форм инвестиций, сводится к разработке инновационных проектов и программ, и осуществляется с целью внедрения научно-технического прогресса в производство и социальную сферу. В свою очередь инновационный проект – это проект, содержащий технико-экономическое, правовое и организационное обоснование конечной инновационной деятельности.

Итогом разработки инновационного проекта служит документ, содержащий подробное описание инновационного продукта, обоснование его жизнеспособности, необходимость, возможность и формы привлечения инвестиций, сведения о сроках исполнения, исполнителях и учитывающий организационно-правовые моменты его продвижения [2]. Процесс, который соединяет в себе основы теоретической выкладки, а также опыт практической реализации проектов является инновационным проектированием. При создании эффективных инновационных проектов, важно учитывать подход, используемый при инновационном проектировании.

Инновации могут оказаться предметом исследования абсолютно разных дисциплин, таких как экономика, медицина, эзотерика или религия. Анализ в рамках этих дисциплин может требовать разработки новых или использования старых методик и моделей этих дисциплин. Такой способ изучения инноваций называется *мультидисциплинарным подходом*. Проектирование с использованием данного подхода позволяет совершенствовать инновации с учетом их влияния на все сферы жизни человека.

Другим, довольно популярным на западе является *STEM-технология* (Science (наука), Technology (технологии), Engineering (инженерия), Mathematic (математика)). Чаще всего используется термин «STEM-образование» – комплексный междисциплинарный подход с проектным обучением, сочетающим в себе естественные науки с высокими технологиями, инженерными дисциплинами и математикой. Действительно, в основном этот подход распространен при подготовке высококвалифицированных кадров, специалистов высокотехнологичных производств. Более 10 стран ЕС приняли программы STEM-образования [3]. Применение данной технологии в образовательном процессе положительно влияет на

развитие страны в будущем. При проектировании, использование данной технологии будет делать акценты на научно-технических аспектах инноваций.

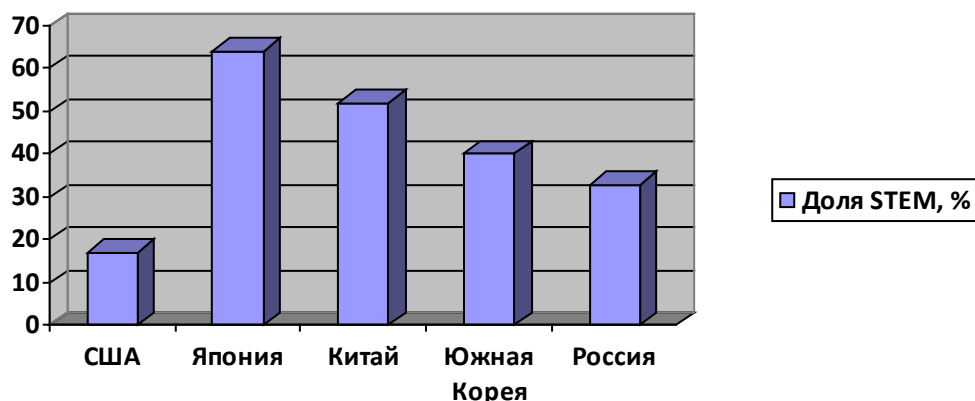


Рис. 1. Доля STEM-образования в мире

Наряду с наукой и высокими технологиями, можно выделить еще одни важные сферы инновационной экономики – креативные отрасли и креативную экономику в целом, основанные на творчестве и интеллектуальном капитале. Творческому направлению инновационной экономики США сегодня уделяется особое внимание. Проявляется это в том, что в STEM-образование активно включаются дисциплины, объединенные общим термином – Arts [4]. Таким образом, STEM активно преобразуется в *STEAM-образование*. Конечно, технология является главным аспектом товаров и услуг, производимых на экспорт, но именно творчество является тем фактором, который позволяет технологии успешно продаваться за рубежом. Ярким примером тому является корпорация «Apple» с их ярким визуальным дизайном своей продукции и легким дизайном интерфейса.

Разносторонний взгляд на проектирование новой технологии позволяет увидеть картину в целом, выявить комплекс проблем и возможностей, которые могут возникнуть в будущем. Такое «системное» мышление позволяет учесть все необходимые требования современного мира к инновационному проектированию: как изменения отдельной части оказывают влияние на систему в целом и как привнести их так, чтобы они сочетались с уже существующим порядком и в то же время направляли организацию к успешному развитию.

STEAM-образование используется для того, чтобы развить навыки рабочих кадров, расширить их кругозор. Чем больше связей способен увидеть и опробовать специалист, владеющий системным мышлением, тем выше вероятность того, что он сумеет найти творческие и полезные идеи, сумеет увидеть мир со всеми присутствующими в нем возможностями и перспективами.

Таким образом, выбор подхода используемого при инновационном проектировании, как и при подготовке специалистов, оказывает неоспоримое влияние на результат, которого стремится добиться то или иное предприятие. На сегодняшний день, именно STEAM-технология является самой востребованной в мировом масштабе.

Библиографический список

1. Инновации и инновационная деятельность в Российской Федерации. URL: <http://studbooks.net/1430158/menedzhment/zaklyuchenie> (дата обращения: 23.02.2018).

2. Википедия [электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82 (дата обращения 23.02.2018).

3. Межрегиональный межведомственный образовательный форум 2018 «Наука искусства и искусство науки». URL: <http://образовательный-форум.рф> (дата обращения: 23.02.2018).

4. Вестник высшей школы. URL: <https://almavest.ru/ru/node/> (дата обращения: 23.02.2018).

УДК 620.92

М. К. Савченко

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель**СОЛНЕЧНО-ЗВЕЗДНЫЕ БАТАРЕИ НА ГЕТЕРОЭЛЕКТРИКАХ**

В настоящий момент во всем мире становится все меньше традиционных источников энергии. Запасы нефти, угля и природного газа истощаются, и все идет к тому, что рано или поздно их не станет. Поэтому во всех развитых странах ведутся исследования по открытию и разработке нетрадиционных источников электроэнергии, таких как: ветроэнергетика, солнечная, геотермальная и т. д. [1]. В начале XXI века российскими учеными из г. Дубна была разработана солнечно-звездная батарея, которая, по словам изобретателей, может работать 24 часа в сутки, вырабатывая при этом электричество. Основой новой батареи послужило открытое специалистами НЦЕПИ новое вещество – гетероэлектрик. Идея нового вещества заключается в том, что распространенный в широком спектре длин электромагнитных волн солнечный свет, гетероэлектрик, на основе наночастиц из золота и серебра, загоняет на одну частоту, тем самым усиливая в несколько раз эффект [2]. Нанокристаллические солнечные элементы представляют собой солнечные элементы на основе подложки с покрытием из нанокристаллов. Нанокристаллы обычно основаны на кремнии, CdTe или CIGS, а подложки обычно представляют собой кремний или различные органические проводники. Квантовые точечные солнечные элементы являются вариантом этого подхода, но используют квантово-механические эффекты для получения дополнительной производительности. Сенсибилизированные красителем солнечные элементы являются еще одним связанным подходом, но в этом случае наноструктурирование является частью субстрата [3]. Гетероэлектрический фотоэлемент (ГЭФ) в совокупности с гетероэлектрическим конденсатором способны работать в видимом и инфракрасном излучениях, т. е., в отличие от солнечных батарей с $\approx 24\%$ процентной эффективностью, облачность и ночное время работе для ГЭФ не помеха. Эффективность работы устройства при видимом свете порядка 54%, а в инфракрасном спектре – 31%. Если сравнивать с обычными солнечными батареями, то это открытие может быть серьезным прорывом в нетрадиционных источниках получения энергии. Сама солнечно-звездная батарея состоит из: 1) наноусилителя электромагнитного излучения; 2) электрического конденсатора и навесных элементов интегральных схем; 3) зеркало, отражающее ЭМ волны определенных (заданных) длин; 4) оптическое стекло; 5) фотокатод; 6) гетерогенный фотоэлемент; 7) фотоэлемент [2]. Фотография батареи представлена на рис. 1.

Во всех элементах системы используются наночастицы определенных размеров и форм, расположенные определенным образом на определенном расстоянии в матрицах. Суть эффектов основана на наночастицах, которые как антенны, резонируют на определенных частотах поглощаемых электромагнитных волн, что связано с их формой, составом материала и размерами. Электронные облака в частицах резонируют от электромагнитного излучения, в определенные моменты времени происходят переходы электронов или на более высокий уровень, или на более низкий, в зависимости от опять же формы, состава и размеров частиц. Эти эффекты ученые связывают с неким плазменным резонансом. Из-за изменения уровня электронов в наночастицах происходит преобразование частот электромагнитных волн. Похожие технологии были использованы на самолетах

«Стелс Т-50» с применением покрытия наночастицами определенных размеров и форм, которые преобразуют электромагнитные волны в тепло, не позволяя отражаться волнам назад к источнику, радиолокатору самолета противника. Все это гетерогенные материалы, проявляющие на наноуровне квантовые свойства, которые и открывают в настоящий момент для человечества новые технологии, примером которого является графен [2].

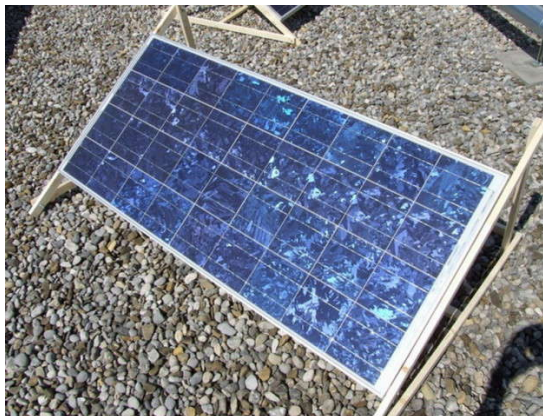


Рис.1. Солнечно-звездная батарея

При этом нужно учесть, что атомы в любой момент времени спонтанно испускают ИК излучение по закону увеличения энтропии. В материи происходит постоянное излучение и поглощение ИК квантов атомами, из которых материя состоит. В конце кванты на границе материи излучаются во внешнюю среду и если там только вакуум, что на самом деле не бывает, так как Вселенная бесконечна, то тело постоянно остывает до температуры абсолютного нуля. Из этого можно сделать вывод, что из любого нагретого выше температуры абсолютного нуля тела можно получить ИК излучение, которое затем можно преобразовать в электроэнергию [2].

Мое мнение на данное изобретение неоднозначно. С одной стороны применение нанотехнологий несет новые открытия и новые возможности. Но данная разработка не имеет полноценного патента и не запущена в производство. Это можно объяснить несколькими причинами:

1. Недоказанность работы установки в практическом применении, так как многие ученые из разных стран сомневаются, что установка может производить электричество 24 часа при звездном небе. Для этого приводятся факты звездной величины относительно Земли (рис. 2) и отношение яркости Солнца к другим звездным телам (таблица) [4].

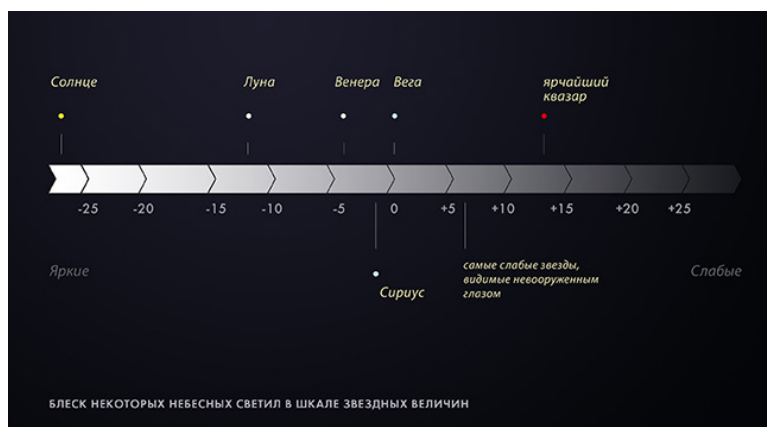


Рис. 2. Звездная величина звездных объектов относительно Земли

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

Яркость Солнца относительно Земли к другим звездным телам, лм	
Луна	$\approx 400\,000$
Венера	$\approx 1\,200\,000\,000$
Сириус	$\approx 7\,600\,000\,000$
Вега	$\approx 120\,000\,000\,000$
Квazar	$\approx 7\,600\,000\,000\,000\,000$

2. Дороговизна батареи и запуска в промышленное производство, которое можно объяснить применением редкоземельных металлов, таких как золото (≈ 1300 руб. за грамм) и серебро (≈ 16 руб. за грамм) [5].

Библиографический список

1. URL: <http://akbinfo.ru/alternativa/solnechnaja-jenergija.html> (дата обращения: 20.03.2018).
2. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/51259> (дата обращения: 20.03.2018).
3. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nanocrystal_solar_cell (дата обращения: 20.03.2018).
4. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 20.03.2018).
5. URL: <https://news.yandex.ru/quotes/10.html> (дата обращения: 20.03.2018).

УДК 65.031

Ю. С. Садикова

магистрантка кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Расчет тарифов и цен на электроэнергию для предпринимателей и юридических лиц играет важную роль при планировании производства либо управления деятельностью любого предприятия. Данная тема особенно актуальна для таких энергоемких производств, у которых затраты на оплату электрической энергии в итоговой себестоимости продукции достаточно велики.

Стоимость электроэнергии для предприятий определяется как произведение объема потребленной электрической энергии (мощности) и соответствующего тарифа на электроэнергию для предприятий и тарифа (цены) на мощность. Объем потребленной электрической энергии и мощности определяется по показаниям установленных приборов учета электроэнергии (электросчетчиков).

В 2012 г. (первого января) было введено такое понятие, как ценовая категория на электроэнергию. Всего таких категорий насчитывается шесть. При выборе определенного тарифа на электроэнергию потребитель рассчитывается с поставщиком по тем ценам, которые складываются из различных факторов, присутствующих конкретному выбранному тарифу. Стоит отметить, что выбрав наиболее оптимальную ставку в зависимости от потребляемой электроэнергии, можно снизить затраты на оплату электроэнергии до 30%.

Первая ценовая категория:

Расчет покупки электроэнергии (мощности) по данному тарифу производится в целом за расчетный период. По данной категории, как правило, рассчитывается большинство потребителей электроэнергии.

Пример расчета:

- объем потребляемой электрической энергии за один месяц – 1000 кВт.ч;
- цена – 3,8 руб. (без учета НДС);
- стоимость – $1000 \cdot 3,8 = 3800$ руб. (без учета НДС).

Для потребителя <670 кВт первая категория наиболее оптимальная на сегодняшний день.

Вторая ценовая категория:

Расчет покупок электроэнергии (мощности) осуществляется по зонам суток (ночь – пик – полупик) расчетного периода, затем полученные стоимости суммируются. Как правило, цены на ночной тариф гораздо ниже, чем в пик. Данную ценовую категорию, преимущественно, выбирают те потребители, которые имеют ночной характер работы.

Важно отметить тот факт, что для выбора второй ценовой категории у потребителя должны быть установлены специальные счетчики, которые производят учет потребляемой электроэнергии по зонам суток.

Пример расчета:

- объем потребляемой электроэнергии в месяц – 1000 кВт.ч;
- по зонам суток: ночь – 550 кВт.ч, полупик – 200 кВт.ч, пик – 250 кВт.ч;
- цена: ночь – 2,5 руб. за кВт.ч, полупик – 4,2 руб. за кВт.ч, пик – 5,7 руб. за кВт.ч;

– стоимость: пик – 1425 руб. без НДС, полупик – 840 руб. без НДС, ночь – 1375 руб. без НДС;

– итоговая стоимость – 3640 руб. без НДС.

Третья – шестая ценовые категории:

Расчеты в этих ценовых категориях, в отличие от первой и второй, производятся и за электроэнергию, и за мощность [1]. Но несмотря на это, стоимость может быть значительно ниже, чем в первой, либо второй ценовой категории.

Данные ценовые категории разделяются на:

1. Одноставочные (3 и 5 ценовые категории).
2. Двухставочные (4 и 6 ценовые категории).

Порядок расчета для двухставочных ценовых категорий производится следующим образом: расчет за потребление электроэнергии выполняется отдельно для каждого часа, а расчет за мощность – в целом за месяц. Такие объемы определяются специальными многотарифными счетчиками, которые способны хранить сведения о потреблении электроэнергии за несколько месяцев.

Для третьей и пятой ценовых категорий расчет производится следующим образом: в рабочие дни месяца берется потребление электроэнергии в отчетный час. Затем, полученное число суммируется, а итоговая сумма делится на число рабочих дней в одном месяце. Эта мощность предьявляется по цене покупки с оптового рынка электроэнергии, увеличенной на процент сбытовой надбавки (назовем ее мощность, оплачиваемая на оптовом рынке) [2].

В отличие от 3 и 5 ценовых категорий для четвертой и шестой рассчитываются сразу две мощности: мощность, оплачиваемая на оптовом рынке и передаваемая мощность. Мощность, оплачиваемая на оптовом рынке, рассчитывается по уже известному способу, а передаваемая мощность – по следующему принципу: в рабочие дни месяца в конкретные часы, которые устанавливаются СО (системным оператором) выбирается пиковая нагрузка. Затем, суммируется полученное потребление, а итоговая сумма делится на число рабочих дней в одном месяце. Таким образом, передаваемая мощность будет всегда не ниже мощности, оплачиваемой на оптовом рынке [2].

Особенности выбора ценовой категории:

1. Ограничения по смене ценовой категории: если потребитель выбрал какую-либо из 1,2,3,5 категорий (одноставочных), то он не может выбрать 4 либо 6 (двухставочные) категорию и наоборот.

2. Ограничения для предприятий >670кВт: из одноставочных тарифов должны выбрать третью или пятую ценовую категорию, а из двухставочных – 4 или 6.

3. Потребители, которые присоединены к ФСК, должны перейти на четвертую или шестую ценовую категорию.

4. Применяется особый метод по расчету мощности, если потребитель >670 кВт не ведет почасовой учет.

На данный момент вся территория России разделена на следующие зоны:

– Ценовые зоны оптового рынка электроэнергии: Калининградская область, Республика Коми, Архангельская область, территория Дальнего Востока, в которую объединены территории Южно-Якутского района Республики Саха (Якутия), Приморского края, Хабаровского края, Амурской области, Еврейской автономной области;

– Неценовые зоны:

Для неценовых зон тарифы утверждаются комитетом по тарифам, относящимся к правительству или администрации конкретного региона. Для ценовых зон (все остальные субъекты РФ) расчеты на тарифы производятся ежемесячно либо гарантирующим поставщиком, либо энергосбытовой компанией, с которой

предприятие или организация заключила договор. Гарантирующий поставщик рассчитывает и публикует на официальном сайте цены на электроэнергию для организаций и предприятий ежемесячно. Также он обязан опубликовать полученные цены до 15 числа месяца, следующего за расчетным.

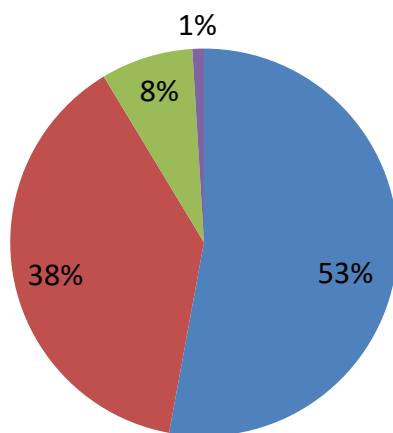
Важно отметить тот факт, что существует общий порядок определения тарифа (цены) на электрическую энергию как для ценовых зон, так и для неценовых, $S_{э/э}$ (1).

$$S_{э/э} = S_{орэм} + S_{услуг} + S_{сн} + S_{ио}, \quad (1)$$

где $S_{орэм}$ – единица измерения стоимости объема покупки электроэнергии (мощности) на ОРЭМ (меняется раз в месяц), руб.; $S_{услуг}$ – единица измерения стоимости услуг по передаче электроэнергии (меняется раз в год), руб.; $S_{сн}$ – единица измерения стоимости сбытовой надбавки, (меняется раз в год), руб.; $S_{ио}$ – единица измерения стоимости услуг инфраструктурных организаций, (меняется раз в год), руб.

На рисунке приведено процентное соотношение компонентов, составляющих общий принцип формирования цены на розничном рынке.

- $S_{орэм}$ – стоимость объема покупки электрической энергии (мощности) на ОРЭМ
- $S_{услуг}$ – стоимость услуг по передаче электрической энергии
- $S_{сн}$ – сбытовая надбавка
- $S_{ио}$ – стоимость услуг инфраструктурных организаций



Принцип формирования цены
на розничном рынке

Важно отметить тот факт, что на итоговую цену огромное влияние оказывают такие доли, как: услуги по передаче (около 50%), цены покупки на оптовом рынке (около 40%) и сбытовые надбавки (около 8%). Цена на электрическую энергию на оптовом рынке электроэнергии и мощности изменяется ежемесячно на основании множества факторов, рассчитывается ежемесячно ОАО "АТС" и публикуется на его официальном сайте в сети Интернет в отношении каждого субъекта оптового рынка электроэнергии. Итоговые цены на электроэнергию и мощность рассчитываются в соответствии с выбранной ценовой категорией, величиной максимальной мощности данного предприятия и уровнем мощности.

Библиографический список

1. Энерго-Консультант – решение вопросов по энерго, газу, тепло, водоснабжению и ЖКХ. URL: <https://www.energo-konsultant.ru> (дата обращения: 17.02.2018).

2. Сбыт электроэнергии. Тарифы. URL: <http://centerprogress.ru> (дата обращения: 17.02.2018).

УДК 621.311

Е. А. Самородова

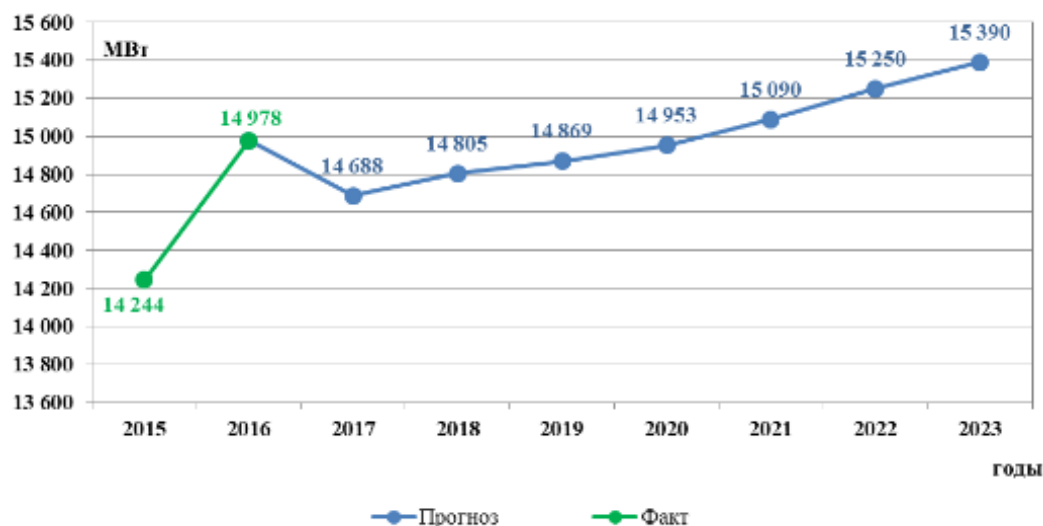
магистрантка кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент**АСУ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ТЭЦ**

Повышение энергоэффективности – одно из стратегических направлений развития экономики России.

Оптовый рынок электроэнергии базируется на принципе прогнозирования выработки и потребления электроэнергии [1]. На основе данных прогнозов формируется график производства и потребления энергии.

Например, график прогнозных значений собственного максимума потребления мощности объединенной энергосистемы (ОЭС) Северо-Запада представлен на рисунке.



Прогнозные значения собственного максимума потребления мощности ОЭС Северо-Запада

Из рисунка можно сделать вывод, что в 2015 г. был большой спад потребления мощностей. Одной из причин данного факта, можно считать температурный фактор. Вторая причина – спад промышленного производства, спад потребления на транспорте. Однако в 2016 г. потребление мощностей значительно возросло. Причиной этому послужил температурный фактор, как считают аналитики.

Таким образом, вместе с формированием графиков производства и потребления энергии появляется риск изменения будущей ситуации на рынке, что может повлечь за собой серьезные отклонения режимов работы производственных предприятий. Такие отклонения влекут за собой получение штрафных санкций. В результате ТЭЦ становится перед выбором: понизить экономическую эффективность станции, но выдержать запланированный электрический график, или попасть в сектор отклонений и получить штрафные санкции.

Однако такие решения противоречат главной экономической цели ТЭЦ, которой является увеличение эффективности производства.

Существуют некоторые факторы, влияющие на работу ТЭЦ, они представлены в табл. 1.

Факторы, влияющие на работу ТЭЦ

Внешние	Внутренние
Природно-климатические условия	Кадры
Государственное регулирование	Бюджет
Субсидии	Оборудование
Потребители	Ресурсы

В Российской Федерации рост тарифов и цен в основном определяется увеличением производственной себестоимости на электроэнергию. Эффективность производства электроэнергии на ТЭЦ формируется таким технологическим фактором, как коэффициент полезного действия энерго-генерирующих площадок, который в данный момент является весьма низким. Также важно обозначить и такой технологический показатель, как установленная электрическая мощность (УЭМ) тепловой электростанции. Эффективность работы ТЭЦ в целом характеризует отношение фактического уровня выработки электроэнергии к его теоретическому значению, т. е. не только технологические стороны процесса производства, но и организацию работы на предприятии, квалификационный уровень персонала и т. д. [2].

В настоящее время большую популярность в управлении производством получили автоматические системы управления (АСУ) и Enterprise Resource Planning (ERP). Данные продукты могут стать решением проблемы энергоэффективности ТЭЦ.

Примером успешного внедрения АСУ ТП является Новосибирская ТЭЦ-5. На данной ТЭЦ был внедрен программно-технический комплекс (ПТК) "Торнадо", реализующий АСУ ТП.

Главными задачами и целями, при внедрении АСУ ТП, являлись:

- сбор и регистрация в реальном времени первичной информации с точностью до 10 мс;
- улучшение технико-экономических показателей работы энергоблока с помощью реализации более сложных законов управления, с более точным учетом протекающих процессов;
- создание лучших условий работы оперативного персонала, благодаря расширению функций автоматического контроля и управления, автоматизированного анализа ситуаций, создания более комфортных условий на рабочих местах;
- повышение ответственности персонала за счет протоколирования всех событий в системе;
- повышение надежности технических средств АСУ, более простое обслуживание и сокращение усилий на поиск и устранение неисправностей;
- выдача в реальном времени объективной информации в удобном для восприятия и анализа виде как оперативному персоналу, непосредственно управляющему работой энергоблока, так и неоперативному, отвечающему за его ремонт, техническое обслуживание и т. п.

Итоги внедрения на Новосибирскую ТЭЦ-5 АСУ ТП «Торнадо» следующие: стоимость разработки и внедрения АСУ ТП оказалась несколько выше стоимости системы, построенной на традиционных аналоговых и релейно-контактных средствах. Вместе с тем она обеспечивает лучшие технико-экономические показатели работы энергоблока за счет реализации более совершенных алгоритмов управления [3].

В табл. 2 представлены некоторые популярные АСУ и ERP [4,5,6,7,8].

Таблица 2

Популярные АСУ и ERP

	SAP BI (BUSI- NESS IN- TELLI- GENCE)	SAP Solution Manager	ПТК для АСУ ТП «Торнадо»	Галактика ERP	SAP ERP
Описание	Инструмент для анализа бизнес-процессов	Централизованный, комплексный набор инструментов для управления решениями. Он позволяет компаниям внедрять, эксплуатировать, осуществлять мониторинг и поддержку решений SAP	Система класса DCS (Distributed control system) для предприятий сферы энергетики, генерации энергии, энергоснабжения. Концептуальная основа системы – «виртуальные контроллеры»	Решение для автоматизации управления на крупных и средних предприятиях	Система планирования ресурсов предприятия компании SAP
Сокращение времени обработки данных	✓	✓	✓	✓	✓
Уменьшение затрат и трудовых ресурсов	✓	✓	✓	✓	✓
Большое количество функций		✓	✓	✓	✓
Удобное хранение информации	✓	✓	✓		✓
Возможность видеть всю картину	✓		✓	✓	✓
Повышение надежности технических средств АСУ			✓		✓
Платная техподдержка	✓		✓	✓	✓

Таким образом, исходя из данных табл. 2, можно сделать вывод, что по своим функциям для внедрения на ТЭЦ больше всего подходят ПТК для АСУ ТП «Торнадо» и SAP ERP. Однако ПТК «Торнадо» предназначается специально для энергетических предприятий, а SAP ERP обладает более широкой направленностью. В итоге из представленных АСУ и ERP ПТК «Торнадо» является самым подходящим решением для оптимизации работы ТЭЦ.

Библиографический список

1. Ковальчук В. В., Бейден С.В. Анализ влияния различных факторов на электрическую выработку ТЭЦ // Новости теплоснабжения. № 11 (51). 2004. URL: www.ntsnn.ru

2. Афанасьев В. Н., Копцев А. И. Статистическое исследование динамики и структуры факторов, оказывающих влияние на производственную себестоимость электроэнергии ТЭЦ // Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития // I Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием): сб. ст. Оренбург: Агентство Пресса, 2017.

3. Микросайт PCWEEKlive. URL: <https://www.itweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=70089> (дата обращения: 26.02.2018).

4. Сайт AsapConsulting <http://asapcg.com/press-center/articles/sap-bi/> (дата обращения: 26.02.2018).

5. Сайт At Consulting https://www.at-consulting.ru/for_clients/solution/element/167/ (дата обращения: 26.02.2018).

6. Сайт Tornado Modular Systems https://tornado.nsk.ru/zakazchikam/product_zakaz/ptk_n/ (дата обращения: 26.02.2018).

7. Интернет-портал Tadviser <http://tadviser.ru/a/42941> (дата обращения: 26.02.18).

8. Интернет-портал Tadviser <http://tadviser.ru/a/38351> (дата обращения: 26.02.2018).

УДК 004.853

А. А. Сапрыкин

студент кафедры электромеханики и робототехники

М. А. Волохов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ РОБОТА-АГЕНТА В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ РТС

Робот-агент – это вычислительная система, которая пытается выполнить набор целей в сложном динамическом окружении. Она может распознавать окружающую среду с помощью сенсоров, и воздействовать на окружающую среду с помощью актюаторов. Агент должен иметь базу знаний об окружающей среде, иметь представление о цели, намерениях.

Сенсорные данные, полученные автономным мобильным роботом из его среды, представляют собой стимул (или условие запуска) для робота. Основываясь на своем встроенном механизме обучения, робот получит специфическую ассоциацию стимулов – ответных действий через обновление поведенческого веса, как показано на рис. 1. Учитывая множественные условия запуска, робот определит следующий шаг, основанный на результате голосования от нескольких поведенческих связях, как показано на рис. 2.

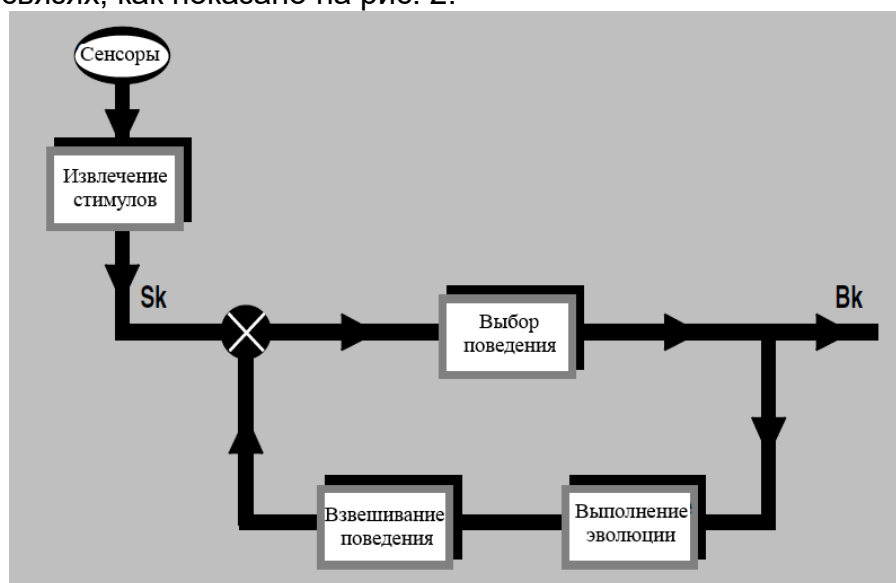


Рис. 1. Алгоритм поведения автономного агента

Любой полученный ответ, будет представлен в векторе переменных весов, называемом вектором веса поведения. Другими словами, с учетом стимула s_i существует вектор W , где каждая компонента выражает вероятность хорошего выполнения определенного реактивного движения. Эта пара s_i и W называется поведенческой цепочкой стимула-ответа. На каждом этапе обучения, если робот выбрал направление для своего следующего движения, компоненты W будут обновлены. На основе серии обновлений вес какого-либо направления движения станет более значительным, чем другие, что означает, что движение в соответствующем направлении имеет более высокую вероятность успеха, чем остальные, в отношении конкретного стимула. Условные (или эмпирически приобретенные) модели поведения будут служить основой для выбора поведения у роботов той же группы.

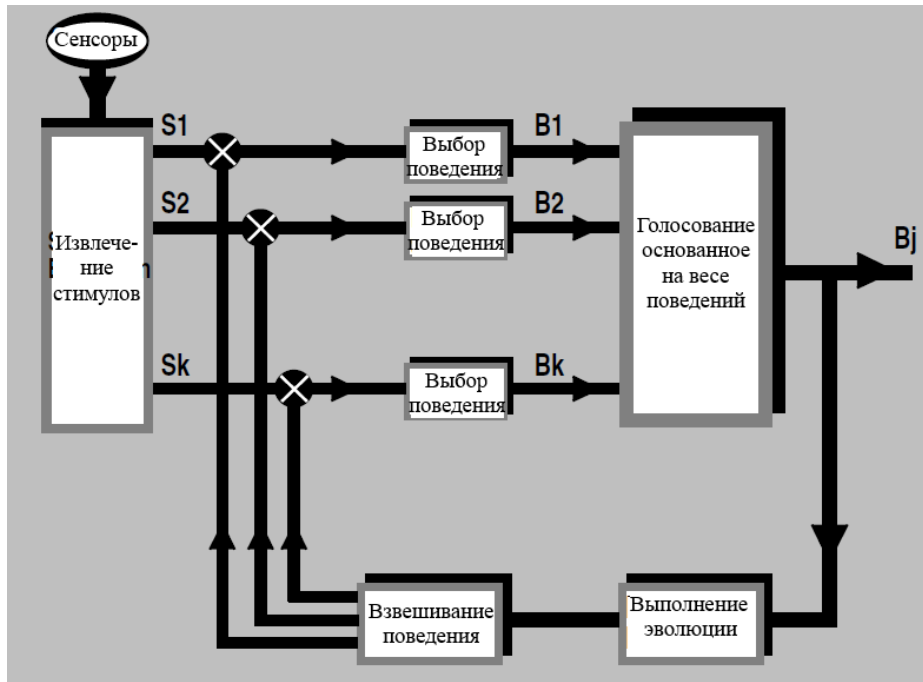


Рис. 2. Выбор поведения основанный на голосовании

Предположим, что робот выбирает поведение B_i в момент времени t , когда сталкивается с стимулом s_k . После выполнения выбранного поведения B_i , робот учится на основе его местных критериев эффективности. Все групповые роботы могут поделиться своими знаниями, поскольку они используются в качестве общей основы для выбора поведения. Получив данные после выполненного поведения, вектор веса поведения будет обновлен следующим образом:

$$W_{s_k}^{t+1} = \text{normal}(\text{shape}(W_{s_k}^{t+1} + \Delta W)),$$

где ΔW – вектор приращения. Оператор `normal` нормализует вектор веса.

Оператор `shape` показан на рис. 3, где обновленный вектор веса проходит через функцию 1 и условную функцию 2 до нормализации.

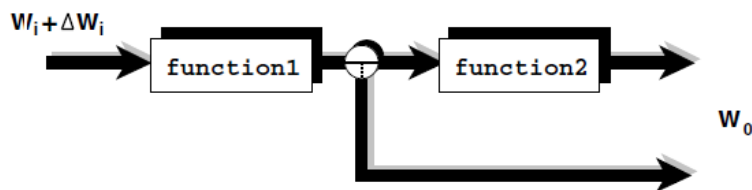


Рис. 3. Оператор `shape` в применении механизма обучения поведению

Определения функции 1 и функции 2 задаются следующим образом:

– Функция 1

$$w_0 = \begin{cases} 0, & \text{если } w_i < 0, \\ w_i, & \text{если } 0 \leq w_i \leq 1, \\ w_i, & \text{если } w_i > 1. \end{cases}$$

– Функция 2

$$w_0 = \frac{\alpha}{1 + e^{-w_i}} - \psi.$$

где α и ψ являются коэффициентами, влияющими на форму функции.

Компонент j в векторе увеличения веса ΔW определяется следующим образом:

$$\Delta w_j = \begin{cases} \delta |_{E(B_k)}, & \text{если } j = k, \\ 0, & \text{если } j \neq k. \end{cases}$$

где $E(B_k)$ – оценка поведения B_k и $\delta \in [-1;1]$.

В момент времени $t = 0$ компонент i вектора веса поведения вычисляется следующим образом:

$$w_i^0 = \begin{cases} -1, & \text{если } B_i = -1, \\ \frac{1}{B}, & \text{если } B_i \neq -1. \end{cases}$$

где B обозначает количество возможных вариантов поведения.

Групповой робот может выбрать один из следующих двух способов выбора поведения на основе его вектора веса поведения – отображение текущего стимула в будущее поведение:

- Выбор, основанный на распределении вероятностей: в этом механизме выбирается поведение на основе вероятности, заданной в векторе веса поведения.
- Выбор, основанный на максимальном весе: в этом механизме поведение будет выбрано, если оно имеет максимальный вероятностный вес.

После выбора поведения робот перемещается в выбранном направлении с шагом d_0 .

Здесь мы вводим операторное действие для представления движения робота i из P_t в P_{t+1} с выбранным поведением B_k и с шагом d_0 , т. е.:

$$P_i^{t+1} = \text{action}(B_k, d_0, P_i^t).$$

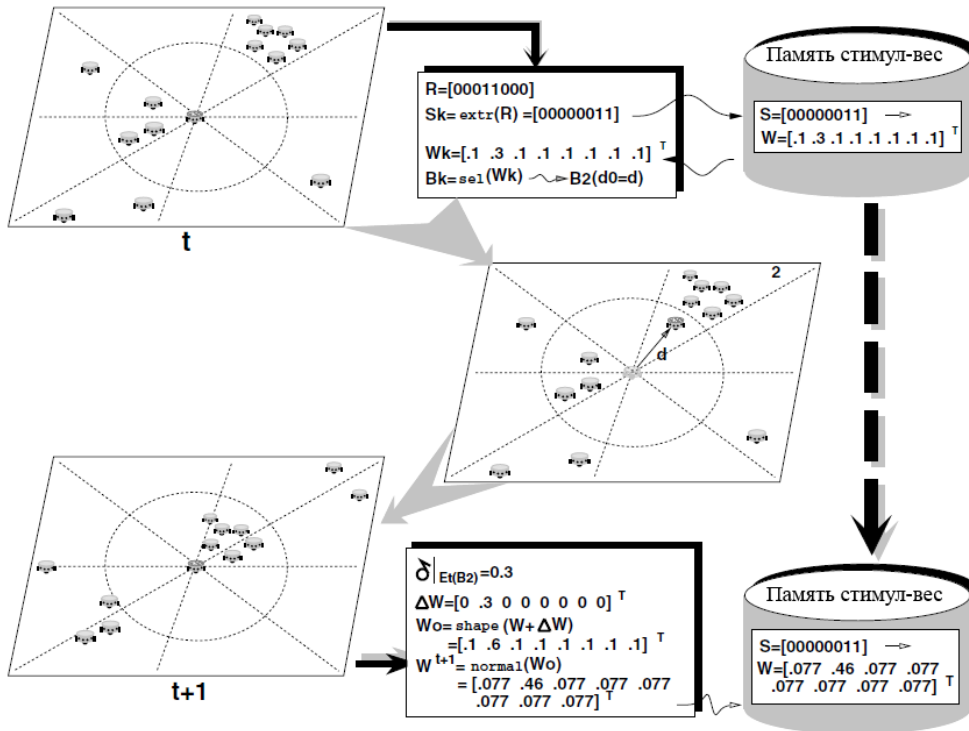


Рис. 4. Пример обучения поведению и выбор поведения

Следует отметить, что в операторе action скрыта операция *ret*. Она переходит из выбранного поведения B_k в сектор движения β_j , т. е.:

$$\text{ret} : B_k \rightarrow \beta_j, k, j = 1, 2, \dots, N.$$

Основываясь на приведенных определениях и обозначениях, мы можем теперь определить отображение обучения поведения от встреченного стимула к реактивному поведению следующим образом:

$$\text{learn} : S \rightarrow B_s.$$

На рис. 4 представлен пример для обобщения обучения и выбора поведения. В этом примере мы предполагаем, что каждый робот имеет восемь датчиков малой дальности и восемь примитивных моделей поведения.

Библиографический список

1. Jiming Liu, Jianbing Wu. Multi-agent robotic systems. 2001. 310 с.
2. Обучение с подкреплением URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Обучение_с_подкреплением.
3. Емельянов В. Теория и практика эволюционного моделирования. М: Физматлит, 2003. 423 с.

УДК 004.896

В. А. Сапрычев

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Соленьий – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

На данный момент времени человеку как никогда необходимы автономные системы способные обеспечивать обслуживание и ремонт различных электронных и механических компонентов системы, вышедших из строя в связи с износом, либо авариями в местах недоступных или опасных для человека.

Целью работы является практическая реализация мобильного робота на базе микроконтроллера Arduino с управлением через смартфон с программным обеспечением Android с помощью канала связи, основанного на Bluetooth.

Для реализации проекта используется микроконтроллер Arduino mega, также проект можно реализовать с помощью и других плат как Arduino, так и аналогов.

Программная часть состоит из программной оболочки (IDE) для написания программ их компиляции и выгрузки в контроллер. Аппаратная часть представляет собой набор печатных плат, а также расширения для них, это могут быть датчики, платы ШИМ, преобразователи интерфейсов и т. д. Дополнительные платы расширения устанавливаются посредством установленных на плате разъемов, также к Arduino подходят платы расширения сторонних производителей, что не влияет на работу контроллера.

Bluetooth – технология которая позволяет беспроводным способом подключить портативные электронные устройства, она основана на использовании радиорелейных линий короткого диапазона и позволяет осуществлять связь и передачу данных, либо управление беспроводным способом.

Для реализации канала связи с помощью смартфона с программным обеспечением Android используется библиотека BTCA2A.

BTCA2A – это библиотека для Arduino. Библиотека написана под Android и управляется с помощью приложения BT Controller. Используя библиотеку BTCA2A совместно с приложением BT Controller, можно управлять Arduino, используя смартфон или планшет в качестве Bluetooth передатчика.

Также спроектированный робот оснащен манипулятором с четырьмя степенями свободы, которые обеспечивают: вращение вокруг своей оси (угол 180°); захват; движение вперед/назад; движение вверх/вниз (рис. 1). Механическая часть манипулятора реализована на базе сервоприводов (рис. 2).

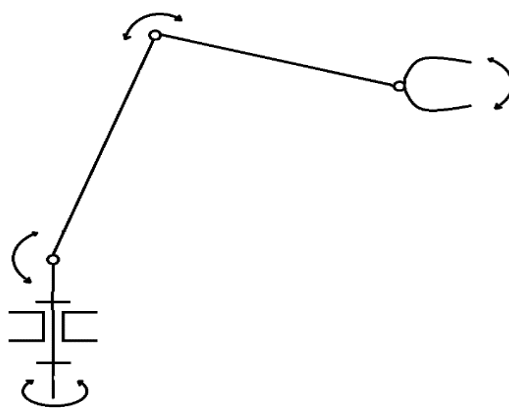


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора

микроконтроллер, а также систему зрения робота (Wi-Fi камеру), следующие три батареи питают драйверы моторов, которые приводят в движение четыре двигателя, последняя пара питает манипулятор, так как сервоприводы питаются от 5 В, в схеме присутствует стабилизатор напряжения, он снабжен радиатором для отвода тепла. Батареи расположены внутри корпуса робота для обеспечения правильного распределения веса и баланса мобильной платформы.

Модуль Bluetooth HC-06 запитан непосредственно от контроллера VCC, подключается к выходу 5 В, GND к GND, TX к RX, RX к TX, при таком подключении его производительность будет максимальной.

Также на роботе установлены два ультразвуковых датчика HC-SR04. Диапазон измерения у HC-SR04 лежит в диапазоне от 2 см до 400 см, напряжение питания 5 В, эффективный угол работы датчика 15°, поэтому для обеспечения надежной работы они расположены под углом 15° относительно центра.

Для того чтобы обеспечить робот зрением, он оснащен Wi-Fi камерой, к которой можно подключиться с помощью любого устройства со специальным программным обеспечением. Питается камера от батареи в 3,7 В, камера установлена на платформе на гибком штативе для обеспечения точной настройки ее положения (рис. 4).

Оператор управляет роботом с помощью смартфона с установленным приложением. Алгоритм управления позволяет при нажатии на разные кнопки выполнять ту или иную команду (движение вперед, назад, перемещение манипулятора и т. д.)

Также у робота есть аварийный режим при отключении света в помещении, он включает аварийное освещение для камеры, для того чтобы оператор мог контролировать его действия, так как выход из помещения робот производит автономно.

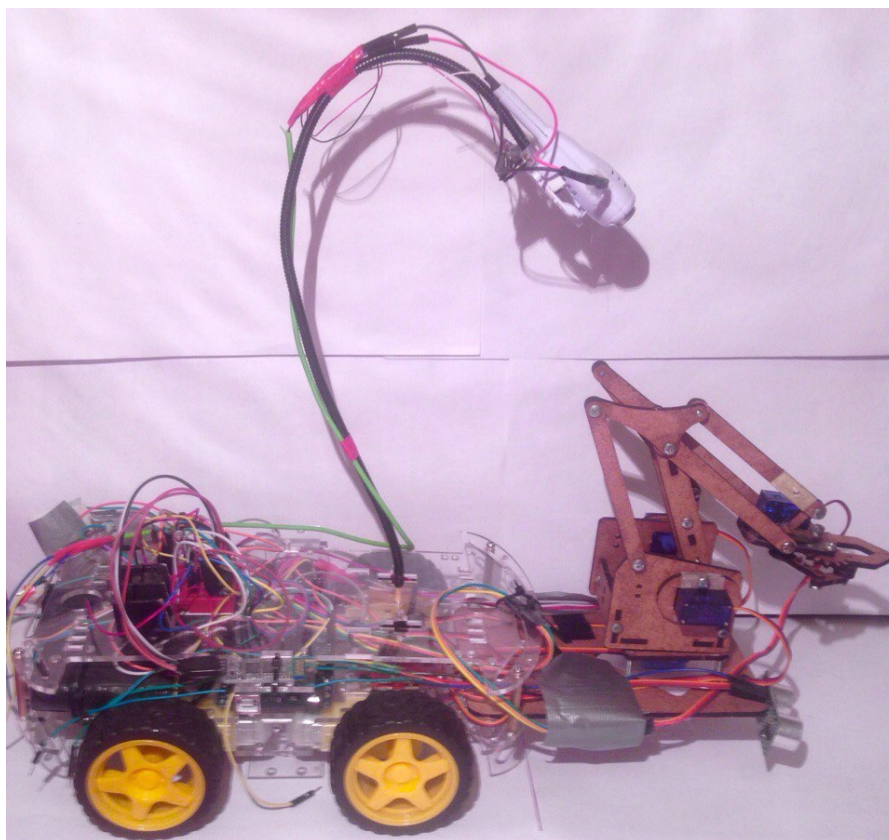


Рис. 4. Прототип робота

Представленные в статье схемные решения и алгоритмы в виде псевдокодов можно использовать для создания системы управления более мощным мобильным робототехническим комплексом.

Библиографический список

1. Шит М. Л. Школьник С. Г. Андреев Э. С. и др. Специализированные роботы в энергетике // Проблемы региональной энергетики. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/spetsializirovannye-roboty-v-energetike>, свободный (дата обращения: 14.12.2017).

2. Андреев В. Роботы в энергетике. URL: robots-construction.narod.ru/Robots.htm, свободный (дата обращения: 16.12.2017).

3. Петин В. Проекты с использованием контроллера Arduino: метод. пособие. СПб., 2015.

4. Bluetooth. URL: ru.wikipedia.org/wiki/Bluetooth, свободный (дата обращения: 14.12.2017).

5. Документация Arduino Motor Shield. URL: Режим доступа: www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3, свободный. (дата обращения: 15.12.2017).

6. Документация Arduino Mega 2560 & Genuino MEGA. URL: www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560, свободный. (дата обращения: 12.12.2017).

УДК 620.9

К. Д. Свешников

студент кафедры электромеханики и робототехники

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В 80-х гг. прошлого века возникли признаки грядущего энергетического кризиса, и правительства ряда ведущих стран начали разрабатывать эффективные методы диагностики тепловой защиты строений. Одним из которых и стало инфракрасное тепловидение. В бывшем СССР сдерживающим фактором развития данной методики являлась низкая стоимость энергоресурсов и отсутствие мотивации к их сбережению, благодаря центральным научно-исследовательским организациям, таким как ВНИИ строительной физики, ГУП "НИИ Мосстрой" и др. были выполнены основополагающие работы в области изучения инфракрасной термографии. Результаты исследований обобщили В. А. Дроздов и В. И. Сухарев [1]. Возрождение интереса к применению данного метода возникло в последнее десятилетие из-за двух факторов: федерального закона № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. и приказа Минэнерго № 182 от 19 апреля 2010 г., стимулировавших появление нового рынка услуг по энергетическому обследованию зданий и сооружений.

Обследование с помощью тепловизионных приборов является одним из способов проведения энергетического обследования здания и одним из главных инструментов повышения энергетической эффективности в целом. Результатом тепловизионной съемки фасада здания является фотография в инфракрасном изображении, где устанавливается поле температур на поверхности стены по оттенкам цвета, и поэтому судить о меньшей или большей величине теплового потока через выбранный участок площади [2].

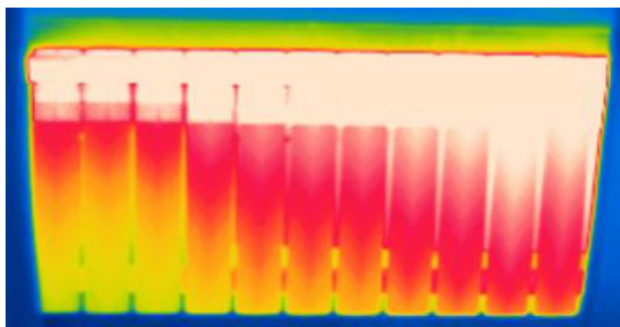
Целями тепловизионного обследования являются:

- определение теплотерь здания и проверка соответствия теплоизоляции необходимым нормативам;
- выявление дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций;
- составление энергопаспорта согласно данным тепловизионного обследования.

Также тепловизионное обследование здания позволяет определить конструктивные недоработки (некачественный монтаж оконных блоков, мостики холода, дефекты теплоизоляции стыков между панелями) и выявить реальные теплотери и сравнение их с нормативными, определить недоработки в разводке отопительной системы и места протеканий в кровле. Обнаружить скрытые дефекты строительства можно как снаружи, так и внутри помещений. Внутренний осмотр является более детальным и предназначен для анализа теплового режима помещений. Например, одной из методик проведения тепловизионного обследования внутри помещений является локальное понижение давления с помощью вентилятора, при этом увеличивается температурный сигнал, вызванный протечками воздуха через стены, и появляется возможность отличить протечки от локального ухудшения теплоизоляционных свойств. В летнее время возможно использование нагревателей (при слабом температурном напоре) для повышения температуры внутри помещения, в данном случае измерение температуры стен начинают спустя несколько дней после начала нагрева [3]. При проведении энер-

гоаудита системы отопления тепловидение обеспечивает 100%-й анализ эффективности работы радиаторов (рис. 1).

а)



б)

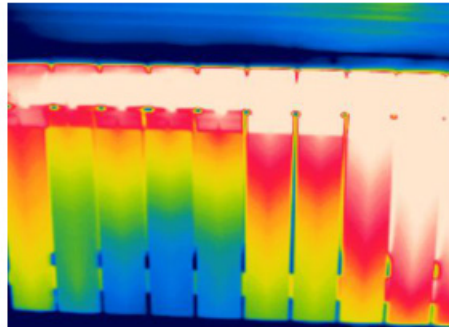


Рис. 1. Анализ состояния радиаторов отопления:
 а) качественный радиатор ($T_{\max}=85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\min}=42\text{ }^{\circ}\text{C}$);
 б) некачественный радиатор ($T_{\max}=83\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\min}=26\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Преимущества тепловизионного контроля и диагностики по сравнению с другими методами:

- высокая производительность контроля;
- точность и достоверность результата;
- высокая наглядность и информативность;
- безопасность, дистанционность, бесконтактность;
- неограниченность перечня контролируемых объектов;
- широкие возможности программно-аппаратной реализации;
- доступная стоимость обследования у подрядных организаций.

Основные недостатки тепловизионного обследования связаны с недостатками тепловизоров, которые заключаются в больших затратах на покупку данной техники и сложности возведенных конструкций, но также один из весомых недостатков данного метода в том, что обращение с приборами требует определенных навыков работы, из-за которых возникают дополнительные затраты на обучение и содержание специалиста. Также можно отметить, что возможны измерения только лишь температуры поверхностей, а сам диапазон температур ограничен и зависит от марки или типа прибора.

Одно из преимуществ тепловидения, вызывающее сомнение – убеждение, что тепловизор является качественным многоточечным термометром, который позволяет экспериментально определить тепловые потери зданий W и сопротивление теплопередаче R . До сих пор не решен вопрос о погрешности тепловидения: "Насколько точно оно позволяет оценить вышеуказанные характеристики теплозащиты?", из-за того, что понятие чувствительности путают с точностью измерений. Необходимо подтверждение величины погрешности оценок R и W , указываемой в литературных источниках, равной 15%, которая выявляется при температурном разрешении практических тепловизоров, не превышающих 100 мК. Вопрос достижимой точности тепловизионных оценок теплопотерь обсуждается в работе [2].

Данные, полученные в ходе тепловизионного обследования, учитываются при составлении пояснительной записки по результатам энергоаудита и имеют большую роль. В первую очередь обращают внимание на локальные строительные дефекты, являющиеся не только причиной повышенных тепловых потерь, но и причиной теплового дискомфорта потребителей. Например, рассмотрим один из торговых центров в г. Тосно, в ходе обследования которого было обнаружено, что источником значительных теплопотерь и возникших из-за этого повышенных

расходов на отопление здания являются многочисленные оконные проемы одного из фасадов, которые были заложены кирпичом при трансформации здания из цеха в торговый комплекс и закрытые снаружи сайдингом (рис. 2).

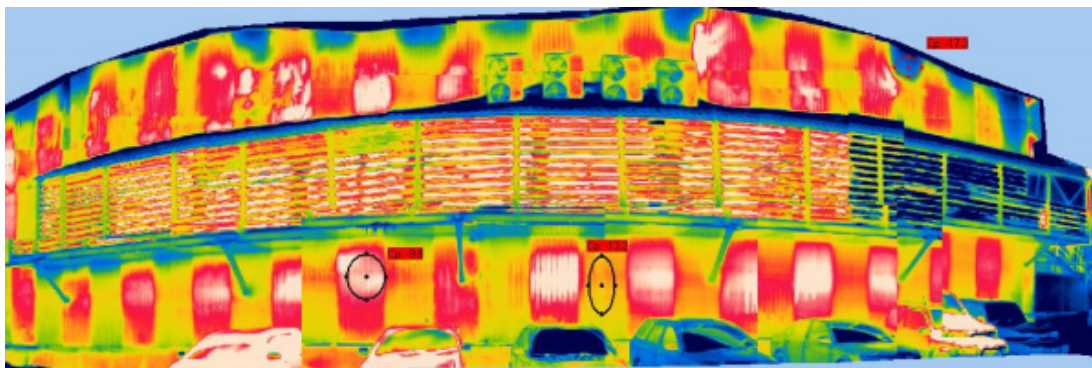


Рис. 2. Панорамная термограмма фасада торгового центра в г. Тосно (множественные отметки прямоугольной формы соответствуют заложенным кирпичом оконным проемам, через которые происходят основные теплопотери)

Фактически важность тепловидения выражается в определении среднего (приведенного) значения избыточной температуры наружного фасада $\overline{T_w - T_a}$, после чего величину приведенного сопротивления теплопередаче \overline{R} рассчитывают как:

$$\overline{R} = R_{\text{ref}}(T_{w\text{ref}} - T_a) / (\overline{T_w} - \overline{T_a}), \quad (1)$$

где w, a, ref – индексы: w – наружной стены; a – окружающей среды; ref – реперная точка.

Необходимо отметить, что все перечисленное относится к режиму стационарного теплообмена. Для изучения и учета динамики изменения температуры среды необходимы более длительные измерения температуры фасадов. Следовательно, главным преимуществом тепловизионной съемки является возможность усреднения температурных значений по фасадам с учетом особенностей архитектурно-строительных решений здания. В итоге это позволяет оценивать технико-экономическую эффективность энергосберегающих мероприятий, а также определять экономию теплопотерь и, в частности, находить рациональные пути повышения энергетической и тепловой эффективности.

Очевидно, что в современном подходе к проведению качественного энергоаудита тепловизионное обследование играет важную роль: выявление теплопотерь и потерь в электрохозяйстве, создание рациональных путей повышения энергетической эффективности, получаемых на выходе энергоаудита. Всё указанное, является важнейшими мероприятиями при проведении энергетического обследования. Однако остаются и нерешенные проблемы, такие как количественная интерпретация результатов съемки, обеспечивающая принятие обоснованных решений по усилению теплозащиты обследованных зданий. Достижение погрешности тепловизионного определения сопротивления теплопередаче трансмиссионных потерь в течение отопительного сезона, которая равняется $\pm 15\%$, достижимо при соблюдении правил тепловизионной съемки, учете динамики тепловых параметров окружающей среды.

Библиографический список

1. Дроздов В. А., Сухарев В. И. Термография в строительстве. М.: Стройиздат, 1987. 238 с.

2. Ливчак В. И. Тепловизионное обследование не может заменить тепловые испытания зданий // Энергосбережение. 2006. № 5.

3. Вавилов В. П. Пессимистический аспект тепловизионного энергоаудита строительных сооружений // Дефектоскопия. 2010. № 12. С. 49–54.

4. Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом (летний вариант). Свид. об аттестации МВИ № 02/442-2002 от 9 августа 2002 г. 43 с.

УДК 681.5

А. И. Семенов

студент кафедры управления в технических системах

М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ ЖИДКОСТИ В СФЕРИЧЕСКОМ ТАНКЕ

В различных сферах промышленности для хранения жидкостей широко задействовано применение сферических танков, которые описываются нелинейной математической моделью.

Один из вариантов организации системы управления основан на использовании нечеткого логического регулятора типа *Takagi – Sugeno* [1]. Их часто называют модельными нечеткими регуляторами [2].

В регуляторах такого типа множество правил соответствует множеству линейных моделей, каждая из которых описывает локальную область фазового пространства объекта. Для каждой модели можно синтезировать линейный регулятор, а затем рассмотреть нелинейный закон управления, в котором выходные сигналы локальных регуляторов «смешиваются» по правилам нечеткой логики.

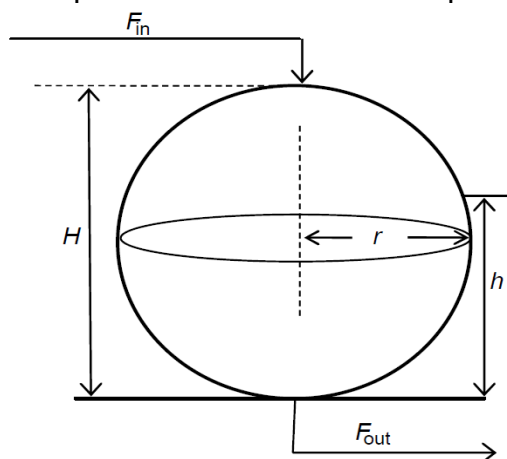


Рис. 1. Модель сферического танка

Рассмотрим задачу управления уровнем жидкости в сферическом танке (рис. 1, где приняты обозначения: F_{in} и F_{out} – входной и выходной потоки жидкости ($\text{м}^3/\text{с}$); $Hr = H/2$ – высота и максимальный радиус танка (м); h – высота уровня жидкости (м)).

Уравнение баланса жидкости:

$$S \frac{dh}{dt} = F_{in} - F_{out}.$$

Уравнение Бернулли для выходного потока

$$F_{out} = s\sqrt{2gh} = c\sqrt{h}.$$

где s – площадь выходного отверстия; g – ускорение свободного падения; c – коэффициент расхода (коэффициент клапана).

Площадь сферического танка на высоте h

$$S = \pi r^2 = \pi(2rh - h^2).$$

Подставляем в уравнение баланса:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{F_{in}}{\pi(2rh - h^2)} - \frac{c\sqrt{h}}{\pi(2rh - h^2)}. \quad (1)$$

В нелинейном уравнении (1) входной переменной является $F_{in} \in [0, F_{in,max}]$. Рассмотрим линеаризацию (1) в рабочей точке $(h_p, F_{in,p})$

$$\frac{dh}{dt} = Ah + BF_{in}, \quad (2)$$

где

$$A = \frac{-c}{2\pi\sqrt{h_p}(2rh_p - h_p^2)^2}, B = \frac{1}{\pi(2rh_p - h_p^2)^2}.$$

Выполняя преобразование Лапласа по отношению к (2), получаем передаточную функцию в рабочей точке:

$$\frac{h(s)}{F_{in}(s)} = \frac{-\frac{B}{A}}{-\frac{1}{A}s + 1} = \frac{K}{Ts + 1}, \quad (3)$$

где

$$K = -\left(\frac{B}{A}\right) = \frac{2\sqrt{h_p}}{c}, T = -\left(\frac{1}{A}\right) = \frac{2\pi\sqrt{h_p}(2rh_p - h_p^2)^2}{c}.$$

Построение НЛР предполагает разбиение входного пространства системы на N областей, так что в каждой j -й области используется нечеткое продукционное правило вида:

$$R^j : \text{Если } (y(t) = C_j), \text{ то } u_j = k_p^j e(t) + k_i^j \int e(t) dt,$$

где для заданного h^* ошибка управления:

$$e(t) = h^* - h(t).$$

Выход нечеткой системы из N правил в каждый момент времени рассчитывается по формуле

$$u(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_i(h(t)) u_i}{\sum_{i=1}^N \mu_i(h(t))} = \omega_1 u_1 + \omega_2 u_2 + \dots + \omega_N u_N, \quad (4)$$

где $\mu_i(h(t))$ – степень принадлежности входного значения к i -й нечеткой области; ω_i – весовой коэффициент i -го нечеткого регулятора.

Исходя из (4), выход нечеткого логического регулятора здесь является взвешенной суммой выходов линейных регуляторов. Структура НЛР представлена на рис. 2.

Каждый локальный регулятор отвечает за свою область, в которой поведение объекта может считаться линейным. Этой области соответствует некоторая передаточная функция, которая может использоваться для настройки локального регулятора с помощью алгоритмов оптимизации.

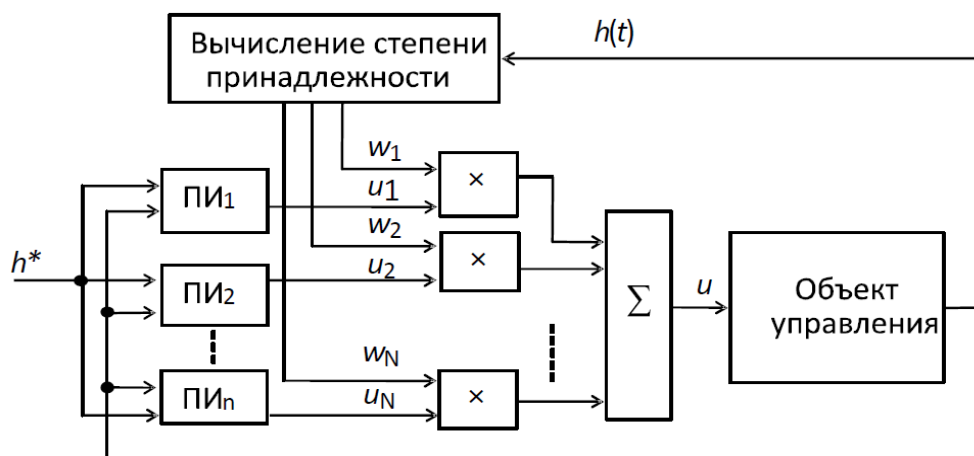


Рис. 2. Структура нечеткого логического регулятора

Алгоритм проектирования НЛР для управления уровнем жидкости в сферическом танке сводится к следующим шагам:

- 1) определяется N рабочих точек по высоте танка, каждая из них является центром нечеткого множества;
- 2) в каждой рабочей точке рассчитывается передаточная функция (3) и оптимизируется локальный регулятор;
- 3) работа нечеткого регулятора организуется в соответствии с (4) и структурой рис. 2.

Моделирование системы управления выполнялось в *MatlabSimulink*. На рис. 3 показано изменение уровня жидкости в сферическом танке под управлением НЛР и ПИ – регулятора для 0,9 м при подаче ступенчатого входного воздействия.

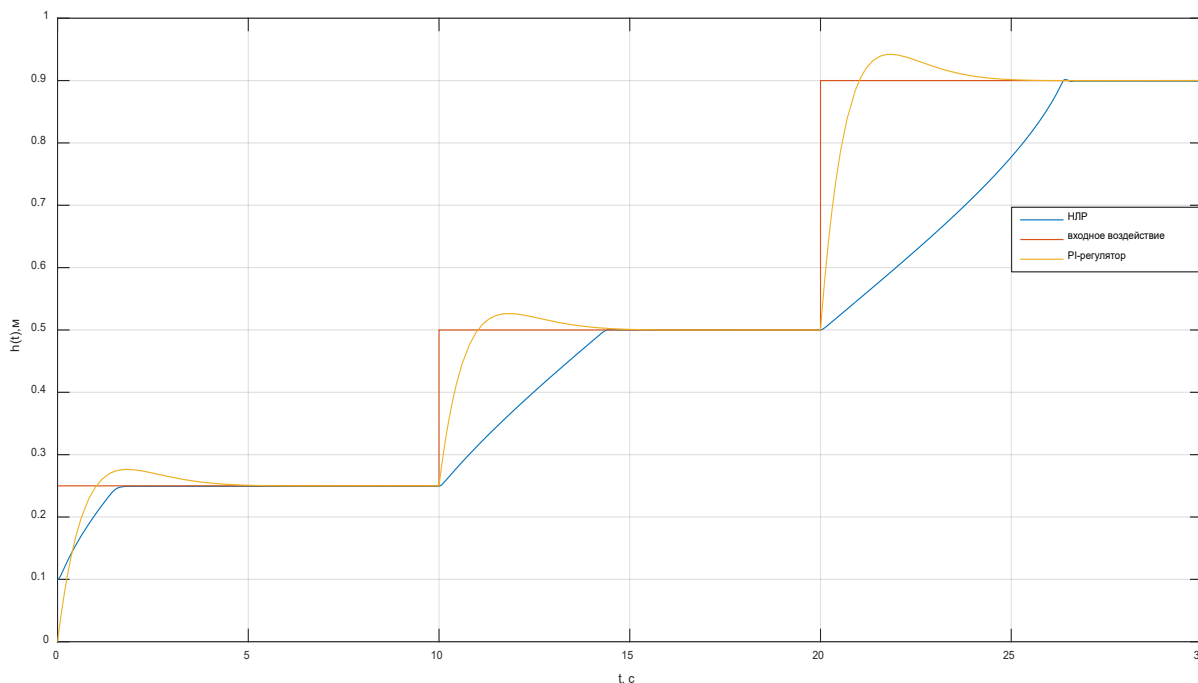


Рис. 3. Переходные процессы в сферическом танке

Использование нечеткого логического регулятора *Takagi – Sugeno* позволяет повысить качество управления, поскольку здесь можно использовать согласованное множество законов управления для разных рабочих точек, количество которых может быть при необходимости увеличено.

Предложенная схема нечеткого управления уровнем жидкости отличается простотой и легкостью реализации средствами микропроцессорной техники.

Библиографический список

1. Takagi T., Sugeno M. Fuzzyidentification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Trans. Systems Man Cybernet. 1985. Vol.15, No. 116. Pp. 116–132.
2. Бураков М.В., Брунов М.С. Структурная идентификация нечеткой модели// Тр. СПИИРАН. 2014. Вып. 3(34). С. 232–246.

УДК 681.2.088

А. К. Сенкевич

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Платонов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ В РАСЧЕТАХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ УГЛА РАССОГЛАСОВАНИЯ

В данной работе рассматривается применение законов теории погрешностей к проектированию датчиков угла, а также к анализу результатов измерений, производимых этими устройствами. Актуальность работы связана с широким распространением электромеханических датчиков угла и поворота. Повышение точности передачи положительно повлияет на работу следящих систем. В различных отраслях промышленности в системах автоматики и контроля часто возникает необходимость синхронного и синфазного вращения или поворота двух и более осей, механически не связанных друг с другом (например, на РЛС – радиолокационных системах с вращающейся антенной).

Классификация погрешностей измерения

По месту возникновения в процессе измерения погрешности подразделяют на методические, инструментальные и случайные.

Методические погрешности вызваны ошибкой оператора, проводящего измерительный эксперимент. Эти ошибки определяются методом измерения и влиянием средства измерения на объект измерения.

Случайная погрешность является следствием действия многих известных и неизвестных причин. Часть причин обусловлена внешними воздействиями во время проведения эксперимента: электромагнитные помехи, вибрации, расположение измерительного устройства в пространстве.

Инструментальная погрешность определяется несовершенством самого средства измерения. Выделяют основную, дополнительную и динамическую.

Основная погрешность средства измерения устанавливается для нормальных условий эксплуатации, указанных в нормативно-технической документации на средство измерения (температура окружающей среды, напряжение питающей сети, частота).

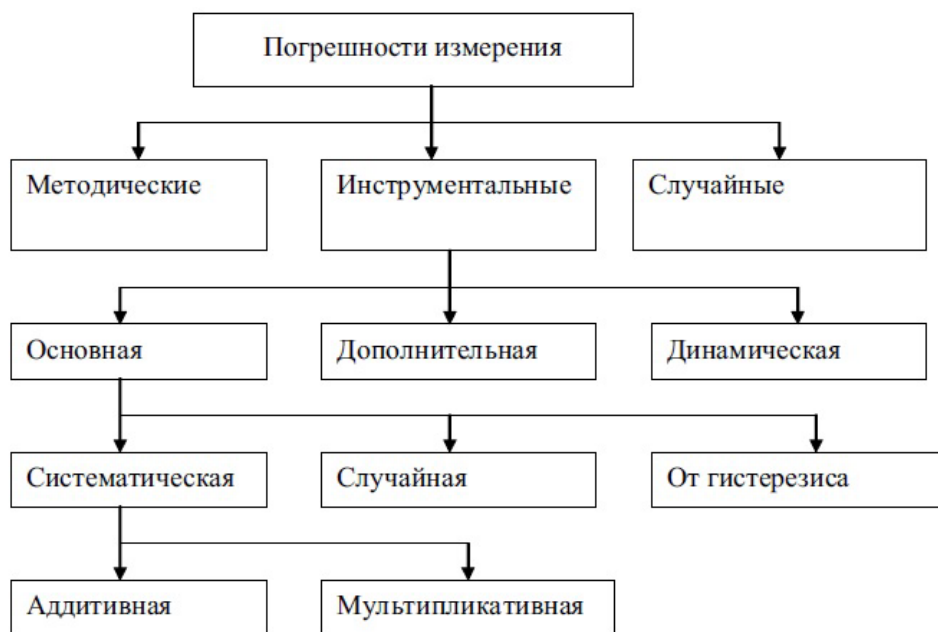
Основная погрешность измерения, в свою очередь, делится на систематическую, случайную и погрешность гистерезиса.

Систематическая составляющая основной погрешности средства измерения определяется разбросом характеристик компонентов, входящих в состав средства измерения.

Существует также аддитивная составляющая систематической погрешности, не зависящая от значения измеряемой величины, и мультипликативная, зависящая от нее.

Случайная составляющая основной погрешности определяется процессами внутри элементов, образующих средство измерения: электромагнитные поля, нагрев, прочие помехи.

Погрешность гистерезиса представляет собой разность показаний средства измерения в случае, когда первое показание получается при увеличении измеряемой величины до установившегося значения снизу, а второе показание при уменьшении измеряемой величины. Данная погрешность появляется в электромеханических средствах измерения за счет трения подвижных элементов.



Классификация погрешностей измерения

Дополнительная погрешность появляется в том случае, если условия эксплуатации отличаются от нормальных, но находятся в рабочем диапазоне значений.

Динамические погрешности возникают при условии, если измеряемая физическая величина изменяется во времени со скоростью, сопоставимой с быстродействием средства измерения (рисунок).

Математическая модель погрешности измерения

Математическую модель погрешности измерения в общем случае можно представить в виде объединения трех основных составляющих:

$$\Delta_{И} = \Delta_{М} \Delta \Delta'$$

где $\Delta_{М}$, Δ , Δ' – соответственно методическая, инструментальная и случайная погрешности.

Измерительный прибор всегда представляет совокупность преобразователей, соединенных определенным образом. В частном случае они соединены последовательно, тогда уравнение преобразования имеет вид

$$X_{ИИ} = k_1 k_2 k_3 \dots k_n X_{Д},$$

где k – номинальные значения коэффициентов преобразования элементарных преобразователей; $X_{Д}$ – значение измеряемой физической величины; $X_{ИИ}$ – номинальное значение измеренной величины.

При использовании действительных значений коэффициентов преобразования элементарных преобразователей уравнение будет иметь вид

$$X_{ИД} = (k_1 \pm \Delta k)(k_2 \pm \Delta k) \dots (k_n \pm \Delta k) X_{Д},$$

где $X_{ИД}$ – действительное показание прибора.

Варианты решений

Устранить технологические погрешности можно, обеспечив высокую точность штамповки листов ротора и статора и сборки их пакетов, строгую концен-

тричность цилиндрических поверхностей ротора и статора (равномерность воздушного зазора, тщательную балансировку ротора и др.). Уменьшить высшие гармоники в кривой НС ротора можно применением синусных (точных) обмоток. В современных сельсинах благодаря высокому качеству изготовления и использованию точных обмоток удается уменьшить нулевой сигнал до 0,2–0,3%.

Для борьбы с поперечными магнитными потоками в современном приборостроении применяют метод симметрирования, который может быть выполнен как на обмотках статора, так и ротора. Симметрирование на обмотках ротора заключается во взаимной компенсации поперечных магнитных потоков нагрузкой, в роли которой выступают два сопротивления одинаковых по значению. При симметрировании на обмотках статора происходит ослабление поперечных магнитных потоков за счет эффекта размагничивания перпендикулярно расположенной к ней обмотки статора.

Для уменьшения влияния контактов на работу сельсинов и снижения трения в их подвижных частях стремятся по возможности уменьшить число скользящих контактов.

Библиографический список

1. Хрущев В. В. Электрические машины систем автоматики: учебник для вузов. М., 1985. 368 с.
2. Арменский Е. В., Фалк Г. Б. Электрические микромашины: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1985. 231 с.
3. Жуков В. К. Теория погрешностей технических измерений: учеб. пособие. Томск: Томского политехнического университета, 2009. 180 с.

УДК 007 (075.8)

М. С. Смирнов

магистрант кафедры управления в технических системах

А. А. Ефимов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВНОГО ПУСКА НЕФТЯНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО НАСОСА

Нефтегазовая промышленность – это не только добыча полезных ископаемых из недр, но и также система комплексов по подготовке, транспорту и переработке сырья. По запасам нефти Россия уступает всего лишь 5 государствам. Даже этого достаточно, чтобы развивать данный сегмент. В транспортировке нефти помогает система нефтепроводов. Практика показала, что это наиболее эффективный транспортный комплекс в нефтегазовой промышленности России.

Трубопроводы и нефтеперекачивающие станции (НПС) – основа всей транспортировки нефти и ее продуктов на значительные расстояния. Сердцем НПС являются магистральные центробежные нефтяные насосы (НМ). Необходимую частоту вращения и крутящий момент им придают электродвигатели, 65–70% которых являются нерегулируемыми асинхронными с короткозамкнутым ротором [1].

Данный тип электрической машины положительно зарекомендовал себя для нефтеперекачки. Однако прямой пуск асинхронного двигателя от сети имеет ряд недостатков: небольшой пусковой момент и значительный пусковой ток. Если первый минус нивелируется при перекачке невязких нефтепродуктов и запуска на открытую или частично открытую задвижку, то увеличение тока в несколько раз отрицательно влияет на двигатель, например, повышается температура изоляции обмоток статора, что затем может привести к короткому замыканию.

Для облегчения запуска существует множество способов. Вот некоторые из них: реостатный, импульсный, амплитудно-фазовый, автотрансформаторный, тиристорный, частотный. В связи с удешевлением компонентов силовой электроники частотный способ все больше и больше применяется для регулирования асинхронных двигателей.

Существует два основных способа типа преобразователей частоты:

- а) с непосредственной связью;
- б) с промежуточным контуром постоянного тока.

В первом случае выходное напряжение синусоидальной формы формируется из участков синусоид преобразуемого входного напряжения. При этом максимальное значение выходной частоты принципиально не может быть равным частоте питающей сети. Частота на выходе преобразователя этого типа обычно лежит в диапазоне от 0 до 25–32 Гц. Наибольшее распространение получили ПЧ с промежуточным контуром постоянного тока, выполненные на базе инверторов напряжения. Структурная схема такого преобразователя показана на рис. 1 [2].

Входной каскад выпрямляет подаваемое синусоидальное напряжение сети, которое после сглаживания с помощью индуктивно-емкостного фильтра служит источником электропитания управляемого инвертора, вырабатывающего при действии команд системы управления сигнал с импульсной модуляцией, который формирует в обмотках статора токи синусоидальной формы с параметрами, обеспечивающими требуемый режим работы электродвигателя.

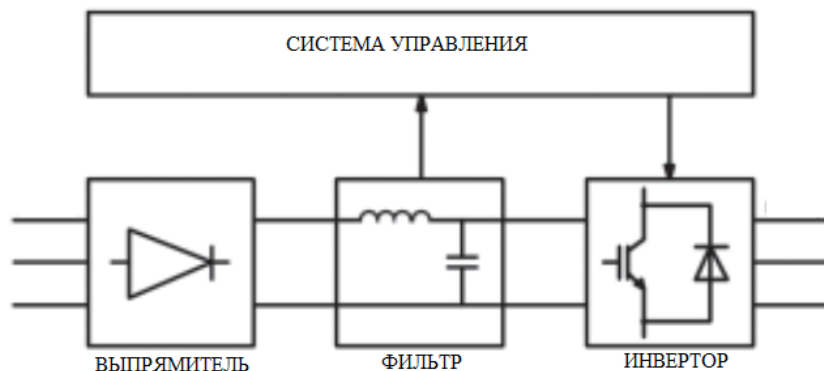


Рис. 1. Схема частотного преобразователя с промежуточным контуром постоянного тока

Для исследования мягкого пуска нефтенасоса смоделируем частотно-регулируемый привод при помощи программного пакета MATLAB/Simulink. Схема модели показана на рис. 2.

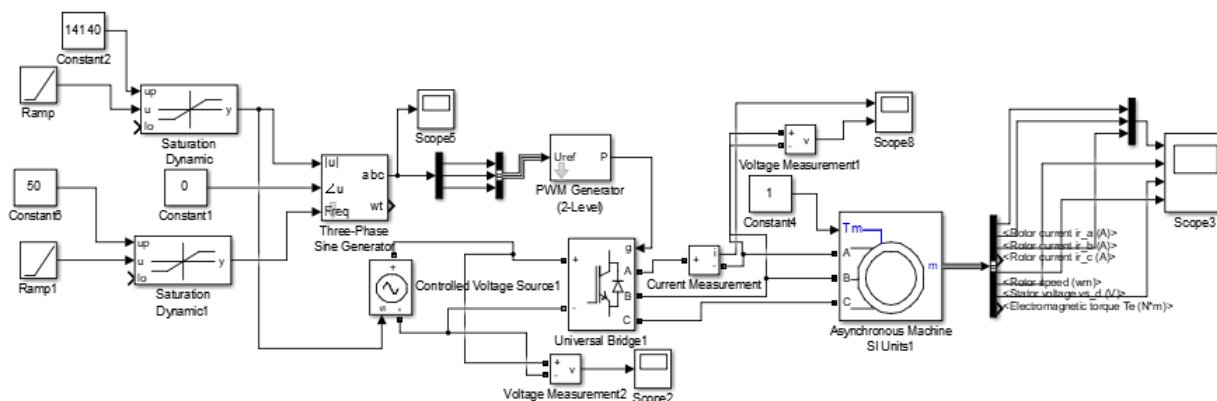


Рис. 2. Схема модели частотно-управляемого асинхронного электропривода

Асинхронный двигатель получает питание от преобразователя частоты *Universal Bridge*, управляемого блоком *PWM Generator*. Другими словами, это автономный инвертор, выполненный на IGBT-транзисторах. В этой схеме нет выпрямителя, так как цель данной работы – показать влияние ПЧ на пуск нефтенасоса. Необходимый сигнал синусоидальной формы, изменяемый по закону $U/f=Constant$, генерируется блоком *Three-Phase Sine Generator*. Ограничение по частоте указывается в блоке *Constant3*, по амплитуде напряжения в *Constant3* [3].

Асинхронный двигатель (на схеме *Asynchronous Machine SI Units*) 4AM3B 1600/10000 Y2 имеет номинальную мощность 1,6МВт, рабочее напряжение 10 кВТ при частоте 50 Гц. Однако помимо этих параметров нужно определить параметры схемы замещения асинхронной машины: сопротивление статора R_s и ротора R_r , индуктивности рассеивания L_{ls} , L_{lr} , а также взаимоиндуктивность L_m , используя каталожные сведения к электродвигателю [4].

Например, сопротивление статора имеет вид:

$$R_s = \frac{1}{2} \frac{U_H^2(1-s_H)}{c_1(1+c_1/s_k)m_k P},$$

где m_k – кратность пускового момента (каталожный параметр); U_H – номинальное напряжение, В; s_H – номинальное скольжение; c_1 – конструктивный коэффициент (1,02–1,05); s_k – критическое скольжение; P – потребляемая мощность электродвигателя, Вт.

На рис. 3 представлены введенные параметры асинхронного двигателя. Реактивный момент сопротивления задается в блоке *Constant4*.

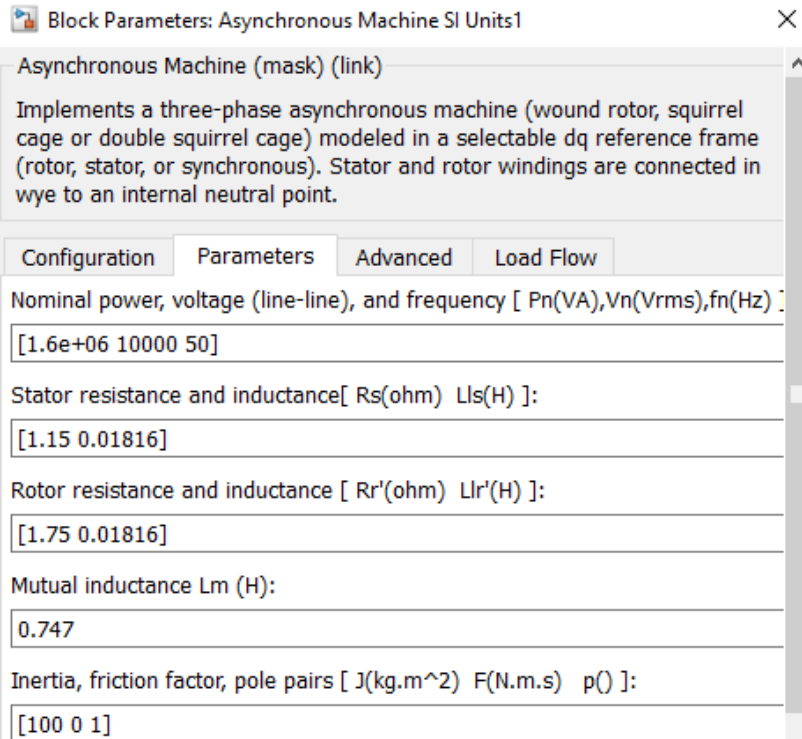


Рис. 3. Окно ввода параметров двигателя

На рис. 4 проиллюстрированы результаты моделирования переходных процессов пуска асинхронного двигателя при частотном скалярном управлении.

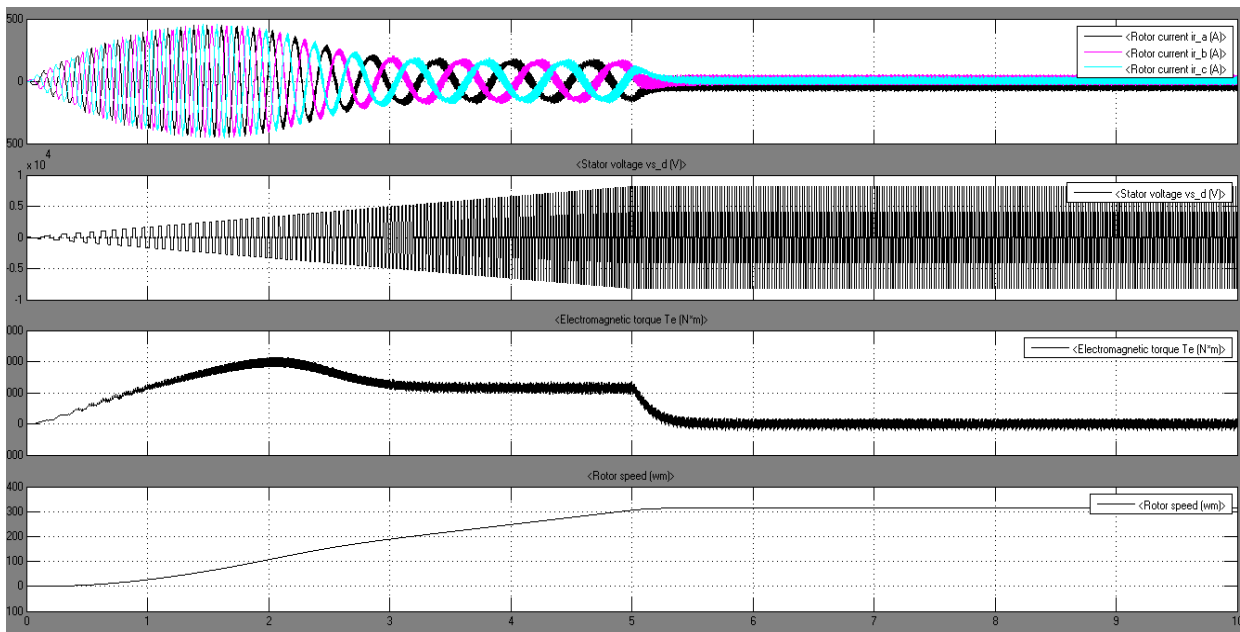


Рис. 4. Результаты моделирования мягкого пуска асинхронного двигателя

Процесс пуска протекает с ограничением пускового тока около 450А (4,5 $I_{ном}$, при прямом пуске 10 $I_{ном}$). Электромагнитный момент двигателя сохраняет небольшой колебательный характер, однако качество переходного процесса лучше, чем при прямом пуске (рис. 5).

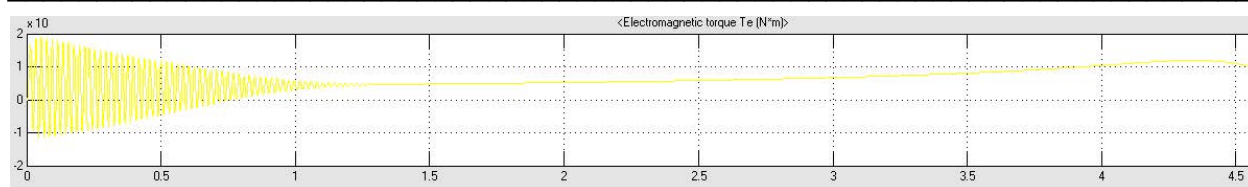


Рис. 5. Изменение электромагнитного момента при прямом пуске

Выход на номинальную частоту вращения запаздывает на 0,2 с, что объясняется большим моментом инерции.

Несмотря на простоту представленной модели с помощью нее можно качественно и наглядно рассмотреть результаты применения ЧРП на конкретном АД.

Библиографический список

1. Мугалимов Р. Г. Закирова Р. А., Мугалимова А. Р. Энергоэффективные асинхронные двигатели, технико-экономические преимущества и оптимизация себестоимости их создания // Энерго- и ресурсосбережение. 2016. № 2. С. 31.
2. Мухаммадеев А. Р. Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электрприводов переменного тока // Энергетика Татарстана. 2010. № 1. С. 1–10.
3. Терёхин В. Б., Дементьев Ю. Н. Компьютерное моделирование систем электропривода в Simulink: учеб. пособие для СПО. М.: Юрайт, 2018. 306 с.
4. Каталог электродвигателей предприятия ОАО «Научно-производственное объединение ЭЛСИБ». URL: http://electromotor.com.ua/documentation/Elsib_katalog.pdf. – Заглавие с экрана (дата обращения: 26.03.2018).

УДК 338.1

Л. В. Соболева

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РЕШЕНИЯ

В настоящее время работы энергопроизводящих предприятий, когда рост цен на материальные ресурсы, в особенности на топливо, превосходит темпы роста тарифов, злободневной становится задача определения новых средств повышения эффективности работы энергопредприятий, основанных на принципе использования внутренних резервов.

Повышение эффективности использования основных фондов находится на центральном месте предприятия. Понятие эффективность значит результативность, действенность, а именно вероятность добиться успеха, максимальных результатов при минимальных затратах. Повысить эффективность деятельности предприятия значит создать наиболее результативный и выгодный курс развития, повышение объема производства, усовершенствование качества продукции и исполнения работ при более меньших расходах трудовых, материальных, финансовых ресурсов, немаловажно наиболее продуктивно использовать основные производственные фонды, в особенности их активную часть. Необходимым обязательством эффективного хозяйствования является опережающий рост окончательных результатов производства, сопоставимых с затратами, за счет которых получены эти результаты.

Современная ситуация в электроэнергетике России отличается существенным технологическим отставанием от полученных в мире результатов, в значительной степени снижающим технический уровень и эффективность отрасли.

Главными причинами уменьшения экономической эффективности функционирования электроэнергетики являются:

- отсталые энергетические технологии, применяемые в тепловой энергетике страны, в особенности при создании электроэнергии на газовых электростанциях, а также в электросетях низкого напряжения;

- использование морально и физически несовременного энергооборудования на электростанциях, в электрических сетях (его величина превосходит 40% всего установленного);

- недостаточность в настоящее время оптимизированной системы управления отраслью в условиях образования обширного числа собственников электроэнергетических объектов, которая бы представляла ту минимизацию расходов на становление и функционирование электроэнергетики, которую представляла былая централизованная система управления отраслью;

- резкое ослабление научно-технического потенциала отрасли;

- значительное сокращение строительных возможностей;

- уменьшение потенциала в отраслях отечественного электромашиностроения, а также энергомашиностроения.

Основной целью становления электроэнергетики на период до 2030 г. является устранение этого отставания, что предполагает проведение интенсивной взаимосвязанной работы государства и бизнеса при реализации на инновационной и инвестиционной основе Энергетической стратегии и Генеральной схемы.

Основные организационно-технические мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электроэнергетике распространяются на:

- разработку и внедрение систем энергетического менеджмента и мониторинга энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обеспечение опережающего развития НИОКР;
- разработку технических регламентов и нормативов энергоэффективности;
- маркировку товаров по уровню их энергоэффективности;
- стимулирование развития энергетического аудита в рамках программ поддержки развития малого бизнеса;
- обучение и повышение профессиональных качеств руководителей и специалистов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- реализация технических мероприятий по энергосбережению и увеличению энергетической эффективности на конденсационных электростанциях на газе и твёрдом топливе, теплоэлектроцентралях [2].

Общеизвестно, что правила работы с персоналом в энергетических компаниях предполагают повышение квалификации сотрудников в форме освоения опыта передовых производственных коллективов.

Существенной концепцией деятельности любого предприятия является работа с персоналом. Для того чтобы производство функционировало эффективно, мало определить основные производственные показатели и упорядочить технологию выпуска продукции. Работа персонала – это важная составляющая производственного процесса. Необходимо приучить сотрудников качественно исполнять ежедневную рутинную работу и заинтересовать их в непрерывном повышении качества деятельности, тогда производство будет работать организованно и эффективно.

Наблюдается недостаток высококвалифицированных кадров для работы в энергетической отрасли. Значительная часть аварий, отказов 1-й и 2-й степени приходится на ошибочные действия оперативного и неоперативного персонала и на несовершенство в работе руководящего персонала предприятия и (или) его структурных подразделений, не говоря о несчастных случаях с затратой рабочего времени, которые чаще всего случаются впоследствии неверных действий сотрудников при обслуживании энергетического оборудования [3]

По данным Росстата в 2017 г. профессиональные качества специалистов энергетической отрасли распределились следующим образом (рисунок) [4].

Таким образом мы наблюдаем, что глубокие профессиональные знания сотрудников электроэнергетических компаний составляют всего 27%, что является недостаточным для компаний, занимающихся производством электроэнергии. Для более эффективной работы предприятий необходимо провести ряд мероприятий, повышающих квалификацию персонала.

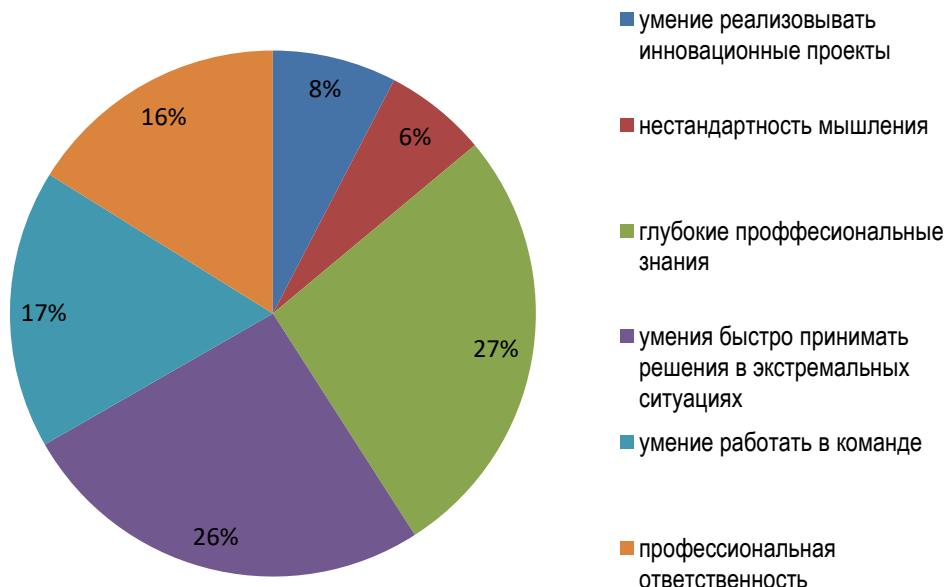
Для решения данной проблемы на предприятиях необходимо проводить следующие организационные мероприятия:

1. Создание корпоративных центров обучения.
2. Привлечение молодых специалистов и создание необходимых условия для их эффективной адаптации.
3. Обучение перспективных сотрудников по специально разработанной программе для данного направления.

Преимуществом внутреннего обучения является гибкость при разработке образовательных программ. В каждый курс должны быть включены вопросы по оказанию первой помощи пострадавшим, влиянию электрического тока на орга-

МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ

низм человека, экологические аспекты, использование средств индивидуальной защиты и занятия с психологом. При этом всем обучающимся сотрудникам должны быть выданы материалы тренинга и учебные пособия. В процессе обучения должны активно применяться инструменты видеообучения, например, такие как «Вводный инструктаж» и «Оценка риска» [5].



Профессиональные качества специалиста энергетической отрасли

Внедрение указанных мероприятий способствует повышению производительности труда, качества выпускаемой продукции, профессионального уровня сотрудников.

Библиографический список

1. Шевченко В. В. Направления деятельности по обеспечению энергоэффективности энергетики // Мир техники и технологий. 2013. № 5. С. 26–35.
2. Федорова Н. Н. Оценка эффективности организационной структуры управления предприятием в процессе адаптации к рынку. М.: Экономика, 2009. 196 с.
3. Орлов П. А. Управление персоналом: учеб. пособие; под ред. Е. А. Неживенко. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. 58 с.
4. Росстат. URL: <http://www.gks.ru/>
5. Сотникова С. И. Управление персоналом: деловая карьера: учеб. пособие; изд. 2-е, доп. и перераб. М.: РИОР ИНФРА-М, 2016. 326 с.

УДК 620.9

П. Н. Соколова

магистрантка

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

КЛАСТЕРНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Одним из важнейших направлений решения задач инновационной электроэнергетики является создание инновационных кластеров, реализующих конкурентный потенциал территорий, формирование ряда инновационных высокотехнологичных кластеров как новой модели пространственного развития российской электроэнергетики.

В настоящее время использование кластерного подхода уже заняло одно из ключевых мест в стратегиях энергетического развития в мире. Ряд проектов развития территориальных кластеров реализуется в инициативном порядке. На федеральном уровне сформирован ряд механизмов, позволяющих обеспечить гибкое финансирование мероприятий по развитию кластеров.

Актуальность создания кластеров, обусловленная общими закономерностями развития экономики на современном этапе, заключается в развитии партнерства между государством, экономикой и наукой. Кластер выступает как схема, согласно которой все производство продукции, начиная от ее разработки, первичного изготовления и заканчивая продажей, идет по единой цепи.

Следует отметить, что с экономической точки зрения кластер – это группа географически соседствующих взаимосвязанных организаций, функционирующих в рамках определенной сферы, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга. Целью создания энергетических кластеров является стремление изменить инфраструктурную роль энергетических компаний через рассмотрение их в качестве точек роста, потребности которых в оборудовании, сервисных услугах, квалифицированных кадрах и научных разработках стимулируют появление и развитие на близлежащих территориях смежных сфер деятельности, обеспечивая формирование высококонкурентных производственных комплексов. Реализация заложенных в кластере механизмов, с одной стороны, способствует развитию конкуренции между его отдельными участниками, существенно стимулируя их инновационную активность. С другой стороны, кластерные механизмы позволяют консолидировать их общие усилия для противостояния вызовам внешней среды, создавая необходимые предпосылки не только для эффективной защиты внутреннего, но и успешного освоения внешних рынков сбыта [1].

Одним из примеров успешного создания энергетического кластера является опыт Страны Басков – провинции, расположенной на севере Испании. Формирование энергетического кластера было заложено в основу программы по выводу этого региона из экономического кризиса, разразившегося в результате упадка местной металлургической промышленности еще в первой половине 1980-х гг.

Решение о смещении акцентов в реализации промышленной политики в сторону приоритетной поддержки энергетики во многом было продиктовано тем, что в силу специфики осуществляемой деятельности эта важнейшая инфраструктурная отрасль традиционно предъявляла значительный и, главное, относительно устойчивый и платежеспособный спрос на широкий спектр продукции и услуг целого ряда других отраслей. Другими словами, энергетические компании распо-

лагали реальной возможностью поддержки производств и сфер деятельности, выпускающих продукцию и оказывающих услуги с более высокой, чем электроэнергия добавленной стоимостью. Таким образом, интерес к созданию энергетического кластера в Стране Басков состоял в том, чтобы воспользовавшись потенциалом спроса со стороны местных энергетических компаний, создать в регионе конкурентоспособный экспортоориентированный энергомашиностроительный и электротехнический комплекс, выпускающий технологичную инновационную продукцию.

Несколько другие предпосылки были положены в основу создания энергетического кластера в Финляндии. В начале 1990-х гг. в этой стране был проведен системный анализ отраслей национальной экономики, результатом которого стала идентификация в ее структуре 9 кластеров, в число которых попала и энергетика. При этом главными критериями оценки потенциала кластеризации стали индикаторы международной конкурентоспособности различных отраслей, выраженные через превышение доли их продукции на мировом рынке над суммарной долей страны в общей мировой торговле, а также через превышение отраслевого экспорта над импортом. Таким образом, энергетический кластер в Финляндии существовал в скрытой форме еще до его идентификации, в отличие, например, от аналогичного кластера в Стране Басков, где при его создании отсутствовал такой существенный задел.

Следует отметить, что реализации инновационно-ориентированной кластерной модели в Финляндии способствовали объективные предпосылки, связанные с благоприятными факторными условиями, важнейшим из которых является традиционно высокая для этой страны скорость освоения нововведений, обусловленная тесным сотрудничеством научного сектора, образовательных учреждений, бизнес-сообщества и правительственных структур. По оценке целого ряда экспертов Финляндия в настоящее время лидирует среди всех стран мира по уровню исследовательской и технологической кооперации. Определяющий вклад в повышение эффективности такого сотрудничества вносят исследовательские структуры, значительная часть которых интегрирована с образовательными учреждениями в рамках университетских комплексов, сконцентрированных, как правило, на определенной территории. Проведенный анализ позволил установить четкую направленность их деятельности на выполнение прикладных исследований, располагающих конкретными перспективами коммерциализации. При этом основной акцент в этих исследованиях поставлен на выполнение междисциплинарных научных работ, результатом которых могут стать не имеющие аналогов инновационные разработки.

Деятельность кластера строится при этом вокруг нескольких приоритетных направлений, включая, прежде всего, разработку и использование технологий утилизации биомассы в энергетических установках, создание солнечных элементов с повышенным коэффициентом полезного действия, а также совершенствование технологий сжигания природного газа. Важным проектом энергетического кластера является создание в рамках Европейской программы «ИТЕР» системы дистанционного управления реакторами термоядерного синтеза. Результатом, подтверждающим успехи в указанных направлениях деятельности, может, например, служить строительство в Пиетарсаари (Финляндия) крупнейшей в мире электростанции, использующей биотопливо [2].

Следует отметить, что эффективность функционирования энергетического кластера в Тампере во многом обеспечивается его взаимодействием с другими высококонкурентными кластерами Финляндии, среди которых следует выделить, прежде всего, телекоммуникационно-информационный и лесной. В структуре

энергетического кластера, наряду с энергомашиностроительными предприятиями и организациями, занимающимися созданием технологий в области биоэнергетики, присутствуют и компании из сферы инфокоммуникационных технологий и отрасли переработки древесных отходов, что еще раз свидетельствует о стремлении к реализации междисциплинарных инициатив.

Подтверждением эффективности и целесообразности перехода к кластерному развитию экономики Финляндии является присвоение этой стране первого места в рейтинге мировой конкурентоспособности, составленном Всемирным экономическим форумом. Особо следует отметить, что Финляндия сохраняла этот статус четыре года подряд, опережая при этом даже такие индустриально развитые страны, как США, Японию и Великобританию.

Еще одним свидетельством высокой эффективности решения задач инновационного развития через использование кластерных механизмов реализации промышленной политики является опыт Германии. На территории вокруг Бремена и Ольденбурга, расположенной на северо-западе этой европейской страны, на протяжении почти 20 лет формировался мощный производственный комплекс, специализирующийся на развитии технологий использования возобновляемых источников энергии, включая, прежде всего, энергию ветра [3].

Их заинтересованность во многом объясняется крайне актуальными для экономики страны целями, которые ставят перед собой участники кластера. На сегодняшний день основные инициативы кластера сосредоточены на стремлении повысить к 2015 г. экономическую эффективность использования ветряной энергетики до уровня, при котором будет обеспечен паритет цен на электроэнергию, вырабатываемую тепловыми и ветряными электростанциями. Благодаря этому уже в 2020 г. до 30% всего объема энергоснабжения в Германии планируется перенести на долю нетрадиционных возобновляемых источников энергии, что в условиях возрастающего дефицита первичных энергоресурсов будет способствовать качественному повышению уровня энергетической и экономической безопасности страны.

Наряду с этими странами, Россия также вступает в развитие кластерного метода. Один из особенно эффективно работающих местных кластеров – Санкт-Петербургский кластер инноваций в энергетике и промышленности создан в 2010 г. для оптимизации процесса перехода промышленных предприятий и ЖКХ на инновационный путь развития. Кластер является коммуникационным инструментом, объединяющим представителей науки, промышленности, бизнеса, финансовых организаций и государства для поддержки и развития приоритетных технологий, разработок и новых подходов к управлению, финансированию и продвижению на рынок [4].

Реализация проектов в рамках кластера имеет следующие преимущества:

- сокращение времени проведения НИР и ОКР за счет участия в кластере всех необходимых звеньев инновационного процесса;
- сокращение расходов за счет оптимизации финансовых взаимосвязей между компаниями-субподрядчиками;
- повышение качества разработок за счет «мягкой конкуренции» внутри кластера, «жесткой конкуренции» внешней, института экспертов на каждом этапе НИР и ОКР;
- проведение анализа инновационного развития и объединение инновационных процессов промышленности и науки;
- воспроизведение запросов и предложений разработок.

В настоящее время Россия хорошо выступает в роли инициатора по созданию кластеров (рис. 1).

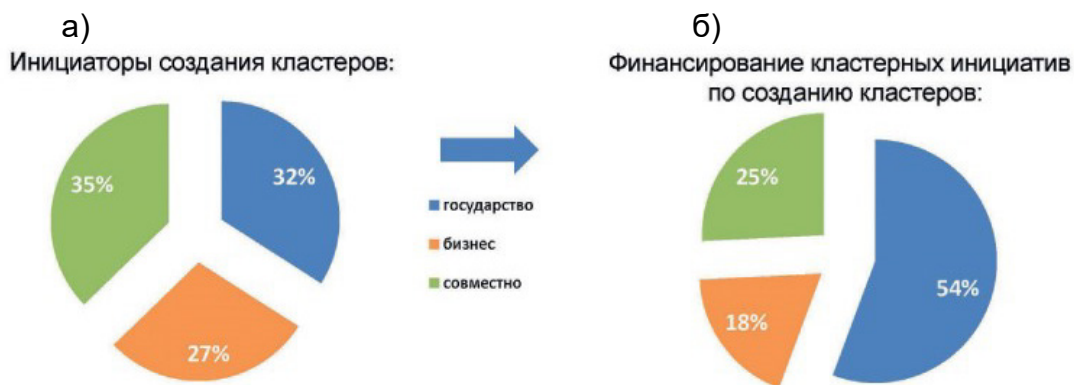


Рис. 1: а) – диаграмма инициатор создания кластеров;
б) – финансирование кластеров

Более чем в 80% случаев органы власти активно помогают развитию кластеров.

На рис. 2 представлена диаграмма по количеству кластеров в развитых странах.

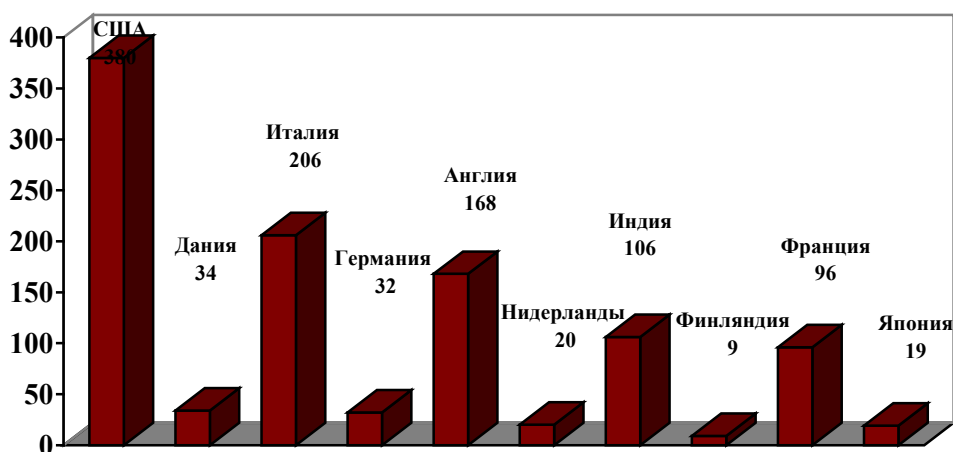


Рис. 2. Количество кластеров в развитых странах

Вне зависимости от особенностей построения результаты деятельности энергетических кластеров свидетельствуют о высокой эффективности их функционирования и о большом потенциале дальнейшего развития. Обобщая результаты анализа использования кластерных механизмов в активизации инновационных процессов в электроэнергетике, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, эффективность создания и функционирования кластеров во многом определяется стабильностью национальной политической системы и комфортностью условий ведения предпринимательской деятельности в стране. Именно этим объясняется то, что наиболее конкурентоспособные энергетические кластеры располагаются в Финляндии и Германии – в стране с минимальными политическими и экономическими рисками и относительно низкими бюрократическими барьерами.

Во-вторых, успешное развитие энергетических кластеров в силу научной сферы их деятельности требует определенной финансовой поддержки со стороны, прежде всего, государственного бюджета, средства которого являются основным источником формирования инфраструктуры функционирования кластерных образований.

В-третьих, развитие инновационных начал в деятельности энергетического кластера требует наличия в его структуре мощного исследовательского ядра, со-

стоящего из одного или нескольких крупных университетских комплексов, располагающих отлаженной системой трансфера технологий.

Таким образом, в настоящее время инновационная деятельность в электроэнергетике сопровождается формированием многоуровневой инновационной системы, цель которой – решение возрастающих по сложности задач инновационного развития отрасли. Интеграция отечественных энергетических компаний в эту активно развивающуюся систему является важнейшим условием повышения уровня их технологического развития и обеспечения конкурентоспособности.

Библиографический список

1. Инновационный кластер. URL: <http://greenevolution.ru/enc/wiki/innovacionnyj-klaster/>
2. Work together with Energy Experts from Finland. URL: <http://www.sentre.fi>.
3. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25797650>
4. Третьяк В. П. Кластеры предприятий. М.: Книга, 2011. 392 с.

УДК 621.431.75.

С. И. Соловьев

магистрант кафедры управления в технических системах

В. С. Акопов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ИММИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОТИВОПОМПАЖНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ГАЗОТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

Помпаж газотурбинного двигателя – это сложный многофакторный процесс, который сопровождается: сильными низкочастотными колебаниями, повышением температуры, падением тяги авиадвигателя. В результате помпаж может привести к повреждению авиадвигателя, пожару и даже к катастрофическим последствиям.

В данной работе, учитывая сложность исследования и изучения рассматриваемой проблемы многофакторного процесса помпажа будет рассмотрена система стабилизации частоты вращения ТРД через поддержание температуры за турбиной ТРД.

На рис. 1 и 2 представлены структурные схемы управления частотой вращения вала по оборотам и температуре соответственно. Вместе они образуют систему управления частотой вращения вала ТРД, структурная схема которой приведена на рис. 3.

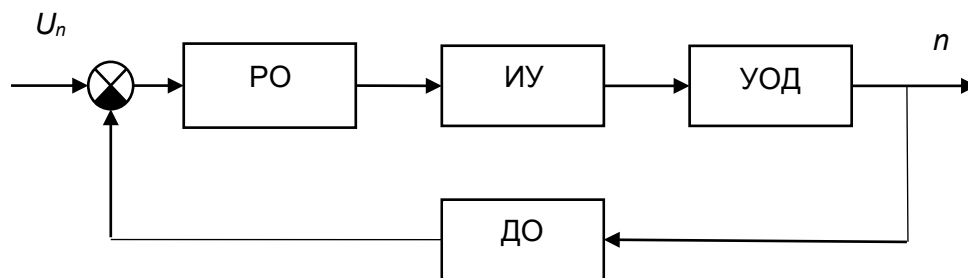


Рис. 1. Структурная схема управления по оборотам: РО – регулятор оборотов; ИУ – исполнительное устройство; УОД – управление оборотами двигателя; ДО – датчик оборотов

Вместе с тем нашей задачей является обеспечение работоспособности этой системы в условиях возникновения помпажа. В частности, в данной работе, как отмечалось, будет рассмотрена система стабилизации частоты вращения ТРД через поддержание требуемой температуры внутри ТРД, в условиях изменения температуры за турбиной T_4 .

Структурная схема системы, анализирующей изменение температуры, аналогичная той, что была приведена ранее имеет вид, показанный на рис. 2.

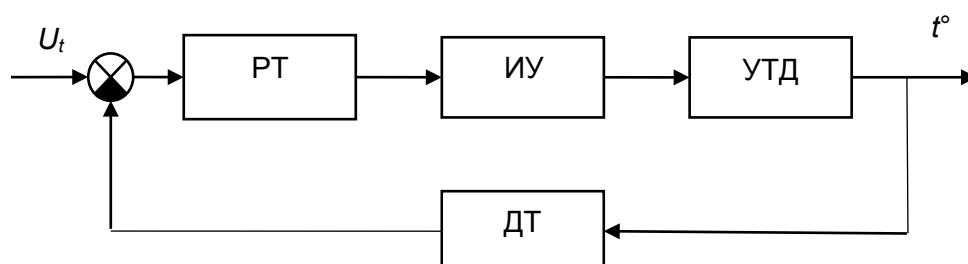


Рис. 2. Структурная схема управления по температуре: РТ – регулятор температуры; ИУ – исполнительное устройство; УТД – управление температурой двигателя; ДТ – датчик температуры

Далее, совмещая эти системы, можно получить систему стабилизации частоты вращения вала, анализирующую изменение температуры в ТРД и реагирующую на эти изменения. Данная система приведена на рис. 3.

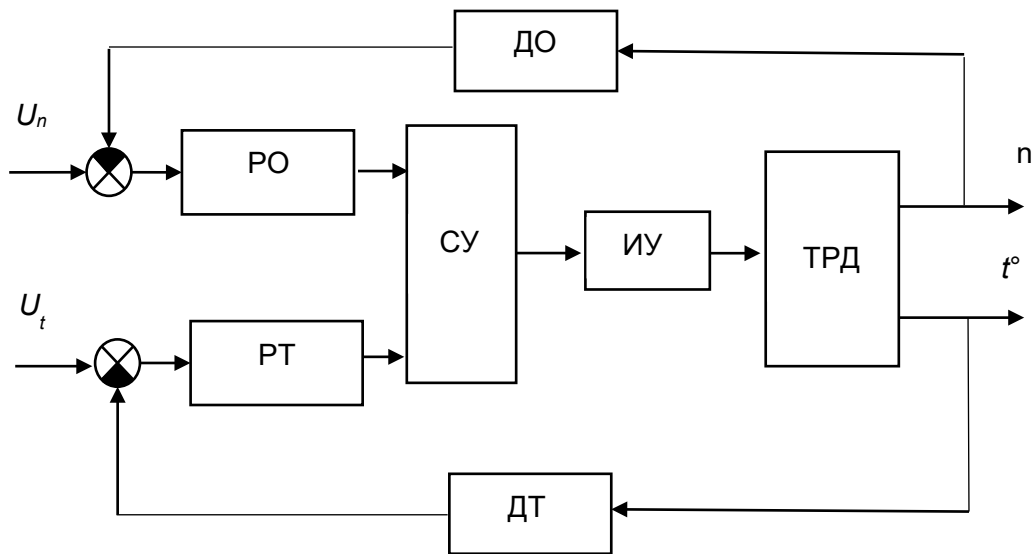


Рис. 3. Структурная схема стабилизации частоты вращения, анализирующая изменения температуры: РО – регулятор оборотов; ИУ – исполнительное устройство; УОД – управление оборотами двигателя; ДО – датчик оборотов; РТ – регулятор температуры; ИУ – исполнительное устройство; УТД – управление температурой двигателя; ДТ – датчик температуры; СУ – сравнительное устройство

В состав системы включено сравнительное устройство, задачей которого является выбор системы, которой будет передано управление, в зависимости от температуры за турбиной ТРД в текущий момент времени. Устройство сравнивает сигнал управления по температуре с заранее заданным значением и, при его превышении, переключает управление с канала управления по оборотам двигателя на канал управления по температуре, для выведения двигателя на расчетный режим работы. Когда сигнал управления по температуре падает ниже заданного значения, управление возвращается каналу по оборотам. В дальнейшем мы смоделируем это устройство и посмотрим, насколько успешной будет реализация подобной системы.

Устранение скачка температуры в данной системе осуществляется путем коррекции задающего воздействия, поступающего на исполнительное устройство. Причем это регулирование возможно только при работе системы в режиме регулирования по каналу температуры. В режиме регулирования оборотов канал температуры отключается и не мешает работе системы.

Моделирование и исследование системы в MATLAB 6.5

При моделировании системы для ее исследования необходимо сформулировать математическую модель ее основных элементов.

1. Передаточная функция двигателя по каналу частоты вращения вала высокого давления, с учетом сведений, приведенных в литературе [1]

$$W_{n_{вд}}(s) = \frac{n_{вд}(s)}{G_r(s)} = \frac{k_{вд}}{T_{вд}s + 1} = \frac{0,46}{0,56s + 1},$$

где k_d, k_p – коэффициенты усиления двигателя и регулятора; $T_{вд}, T_1, T_2$ – постоянные времени двигателя и регулятора.

2. Передаточная функция двигателя по каналу частоты вращения вала низкого давления имеет вид [2]:

$$W_{n_{нд}}(s) = \frac{n_{нд}(s)}{G_T(s)} = k_{нд} \frac{(\tau s + 1)}{(T_{нд} s + 1)(T_{вд} s + 1)} = \frac{0,233s + 1}{0,152s^2 + 0,825s + 1}$$

Рассмотренный материал предлагает математическое описание двухвального ТРД (одновальный допускается описывать с помощью передаточной функции канала частоты низкого давления). Поэтому далее будет использована именно эта функция.

3. Передаточная функция одновального ТРД по каналу температуры [2]:

$$W_T(s) = \frac{n_{вд}(s)}{G_T(s)} = \frac{0,155s^2 + 0,8333s + 1}{0,156s^2 + 0,912s + 1}$$

3. Передаточная функции датчиков (датчик частоты вращения ДТЭ-1, термопара Т-80-Т), $n_{вд}$, $n_{нд}$, T .

$$W_{двд}(s) = 1/2000,$$

$$W_{днд}(s) = 1/2000,$$

$$W_{дт}(s) = 0,0033.$$

Полученные имитационные модели, которые использовались для исследования работы каналов поддержки оборотов и температуры, показаны на рис. 4 и 5.

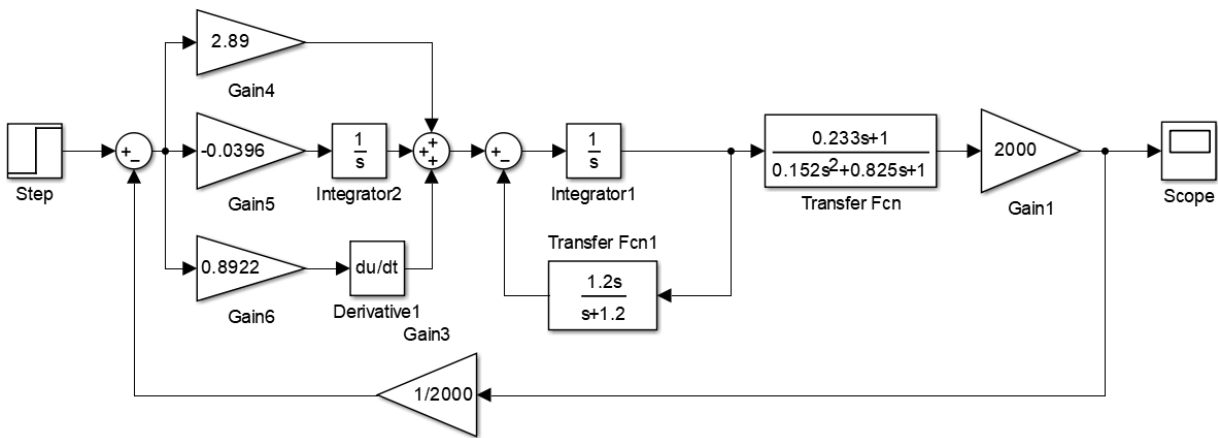


Рис. 4. Имитационная модель канала поддержки оборотов

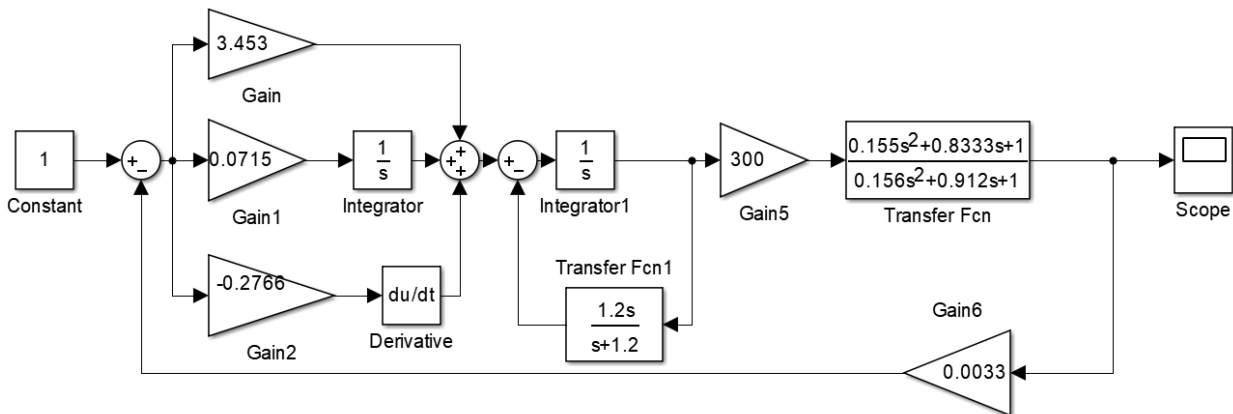


Рис. 5. Имитационная модель канала поддержки температуры

В качестве регуляторов задающего воздействия, подающегося на исполнительное устройство используются ПИД-регуляторы, коэффициенты которых были получены с помощью библиотеки Simulink Design Optimization, блока Signal Constraint. Он обеспечивает подбор коэффициентов ПИД-регулятора, в зависимости от выбранного желаемого коридора возможных случаев системы.

Далее показана комбинированная система, содержащая канал измерения температуры и оборотов. Система имеет блок возмущений А, представляющий собой генератор пульсаций (рис. 6).

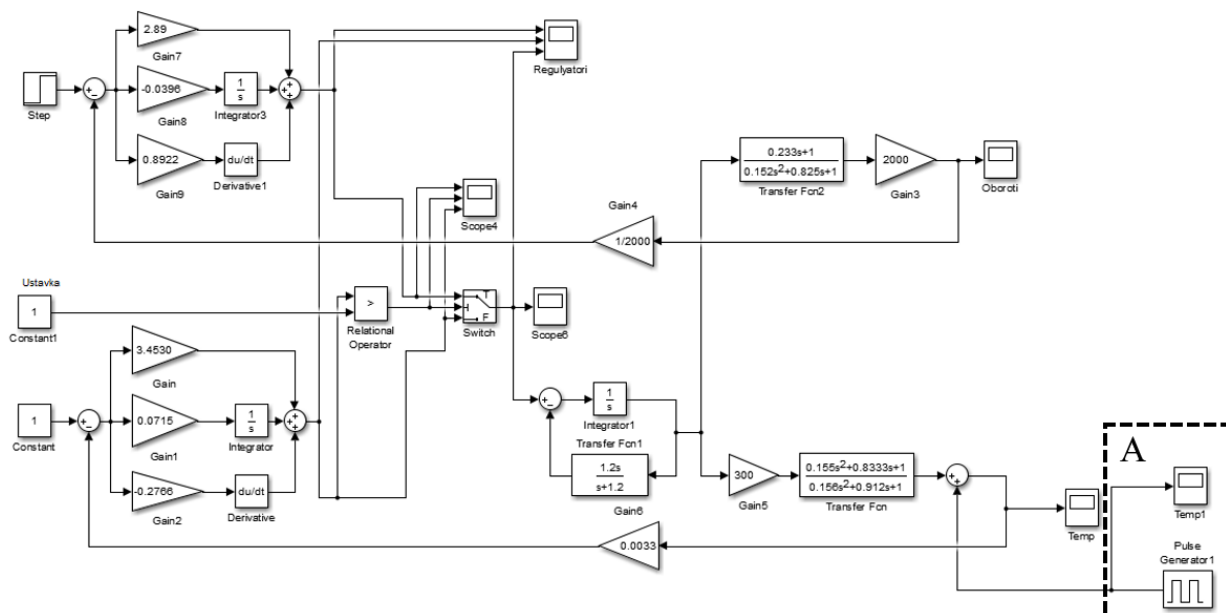


Рис. 6. Комбинированная система противодействия помпажу с блоком возмущений А

Вывод

Проведенные исследования свидетельствуют о работоспособности предложенной имитационной модели противопомпажной системы летательного аппарата с газотурбинным двигателем.

Библиографический список

1. Синяков А. Н., Шаймарданов Ф. А. Системы автоматического управления летательными аппаратами и их силовыми установками: учебник для студентов высших технических учебных заведений. М.: Машиностроение, 1991. 320 с.
2. Котовский В. Н., Комов А. А. Теория авиационных двигателей: учеб. пособие (конспект лекций). М.: МГТУ ГА, 2013. Ч. 1. 108 с.
3. Нечаев Ю. Н., Федоров Р. М. Теория авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1977. Ч. 1. 312 с.
4. Рудаченко А. В., Чухарева Н. В., Байкин С. С. Газотурбинные установки: учеб. пособие. Томск: Изд-во: Томского политехнического университета, 2008. 139 с.

УДК 629.735.33

В. В. Степанова

магистрантка кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ВНЕДРЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Большинство исследований как российских, так и зарубежных авторов в области управления энергией, таких как Б. Н. Абрамович, М. С. Бренер, Ю. Б. Ключева и др., посвящены вопросам изучения региональных систем энергоснабжения и проблемам энергоэффективного функционирования производственных систем от использования энергоресурсов.

В то же время на современных промышленных предприятиях уделяется мало внимания вопросам энергосбережения или управления энергоэффективностью. О культуре энергосбережения говорят последние 20 лет, когда человечество осознало пагубное влияние большинства энергоносителей на окружающую среду.

Экономия энергии или энергосбережение – это использование энергоресурсов с наибольшей эффективностью за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, также не изменяют привычного образа жизни. Такое определение «экономии энергии» было сформулировано на Международной энергетической конференции (МИРЭК) ООН.

Анализ потерь в сфере производства, распределения и потребления энергии показал, что большие потери (90%) приходятся на сферу энергопотребления [5]. Энергосбережение сводится к снижению и сокращению бесполезного потребления энергии. Таким образом, основные усилия сконцентрированы именно в данной сфере.

Одно из перспективных направлений в данной области – это управление инновационной деятельностью и мотивацией персонала всех уровней для энергосбережения.

Инновационная деятельность на предприятии сводится к созданию и использованию энергосберегающих технологий, которые обладают более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов. Внедрение таких технологий как на предприятии, так и в обычной, повседневной жизни, может привести к улучшению климата, снижению выбросов в атмосферу и решить другие экологические проблемы.

Стратегическое управление энергоресурсами может быть реализовано с помощью человеческого капитала, за счет привлечения интеллектуального и творческого потенциала сотрудников для решения проблем энергосбережения. Это возможно с помощью применения и внедрения культуры энергосбережения, истоки которой должны содержаться в корпоративной культуре предприятия.

Основой энергосбережения на предприятии является создание системы энергетического менеджмента. Наиболее важным в энергоменеджменте является формирование системы показателей энергоэффективности сотрудников. В мировой практике существует показатель EFTE (1) (эквивалент полной занятости).

$$EFTE = (QE / N) \cdot (TP / TF) \text{ (руб, кВт,)} \quad (1)$$

где QE – совокупное потребление энергии в стоимостном выражении, руб, ежегодно; N – количество сотрудников, человек; TP – фактическое количество часов,

выполняемое всем персоналом подразделения, часы в месяц; TF – потенциально возможное количество часов, выполняемых при полной занятости, часов в месяц.

Этот показатель позволит определить уровень потребления энергии на предприятии при полной занятости всех сотрудников и создать области ответственности при разработке индивидуальных программ энергоэффективности на предприятии. В России энергоэффективность (производительность) труда измеряется коэффициентом обслуживания, который рассчитывается как отношение количества единиц обслуживаемого оборудования к численности промышленного производственного персонала. Коэффициент электрооснащенности показывает сколько электроэнергии пришлось на одного сотрудника. Рассчитывается как деление суммарного количества потребления электроэнергии (в тыс. кВт ч) на численность промышленного/производственного персонала предприятия, чел. [4].

Сильная мотивация персонала – также является ключевым показателем для внедрения культуры энергосбережения на предприятии. Высший менеджмент предприятия на собственном примере и с помощью переориентации производства на энергосбережение, сможет привить эти принципы персоналу.

Мотивация персонала на предприятии должна осуществляться различными способами для разных групп сотрудников. Так, одной из основных мотиваций для высшего руководства является повышение рентабельности предприятия за счет снижения затрат. Для менеджеров среднего звена мотивацией становится возврат сэкономленных средств в бюджеты отделов. Рядовые сотрудники могут получать бонусы или премии за энергосбережение во время работы. Так, например, сотрудникам ВГОКа (Евраз групп) за выполнение и перевыполнение плана по удельным нормам расхода электроэнергии и плана по электропотреблению начисляется премия до 20% от оклада, у руководителей до 35% [6].

В России управление энергоэффективностью содержится в ГОСТ Р ИСО 9001-2001 "Системы менеджмента качества. Требования", где указано, что на предприятии должны существовать показатели энергоэффективности, где происходит выделение энергосбережения в отдельный процесс управления. В масштабах страны правительство РФ утвердило программу «Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020 г.», которая подталкивает предприятия к внедрению инновационных энергосберегающих технологий.

Процесс внедрения и управления энергопотреблением на предприятии – это стратегический процесс, который направлен на снижение экономических издержек и на решение многих экологических проблем. Измерение энергоэффективности человеческого капитала может быть осуществлено с помощью показателя EFTA. Культура энергосбережения должна внедряться на всех уровнях предприятия и только тогда она принесет положительные результаты.

Библиографический список

1. Кондратьева Е. В., Погребняк Д. А. // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. 441 с.
2. Мастепанов А. М., Саенко В. В., Шафраник Ю. К. Экономика и энергетика регионов. М.: Экономика, 2001. 476 с.
3. Меркер Э. Энергосбережение в промышленности и энергетический анализ технологических процессов. М.: ТНТ, 2014. 316 с.
4. Сухонос М. К. Система показателей энергоэффективности энергоинфраструктуры предприятия. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-otsenki-energoeffektivnosti-energoinfrastruktury-predpriyatiya> (дата обращения: 16.02.2018).

5. Статистический Ежегодник мировой энергетики. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/> (дата обращения: 16.02.2018).

6. Презентация Группа компаний Городской центр экспертиз. Опыт в разработке СЭнМ. Трудности внедрения на предприятия и пути их решения. URL: <http://www.gce.ru/about/> (дата обращения: 16.02.2018).

УДК 620.9

А. С. Строганов

студент факультета СПО

А. Р. Шабанова – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире одной из наиболее важных проблем является способ получения достаточного количества безопасной и качественной энергии и регулирование потребительского спроса на нее. Одним из способов решения этой проблемы является интеграция в систему электроэнергетики киберфизических систем и различных цифровых технологий, которые позволяют в режиме реального времени анализировать тенденцию использования и производства электроэнергии, регулировать спрос на нее и при этом позволяют увеличить качество электроэнергии и другие различные параметры объектов электроэнергетики.

Понятие киберфизической системы

Киберфизические системы (Cyber-Physical System, далее – CPS) – это системы, состоящие из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое. В CPS обеспечивается тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Компьютеры осуществляют мониторинг и управление физическими процессами с использованием петли обратной связи, где происходящее в физических системах оказывает влияние на вычисления и наоборот.

Сам по себе термин кибернетика (от греч. κυβερνητική – «искусство управления») обозначает науку об общих закономерностях получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах: будь то машины, живые организмы или общество. Термин был введен Норбертом Винером, американским математиком, который во время Второй мировой войны впервые применил технологию для автоматического прицеливания и стрельбы из зенитных орудий. Винер описывал свое видение кибернетики как объединение управления и коммуникаций с управлением на основе обратной связи. Хотя механизмы, которые он использовал, не включали в себя вычислительные машины, принципы аналогичны используемым сейчас в компьютерных системах управления [1].

Предшественниками CPS можно считать встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети.

К предпосылкам появления CPS можно отнести:

1. Рост числа устройств со встроенными процессорами и средствами хранения данных (сенсорные сети, работающие во всех протяженных технических инфраструктурах; медицинское оборудование; умные дома и т. д.).

2. Интеграцию, позволяющую достигнуть наибольшего эффекта путем объединения отдельных компонентов в большие системы (Интернет вещей (IoT),

World Wide Sensor Net, умные среды обитания (Smart Building Environment), оборонные системы будущего).

3. Ограничение когнитивных способностей человека путем передачи CPS части действий для принятия решений и выведения человека из контура управления (human out of loop) из-за разницы в скорости эволюции человека и машины.

Задача создания CPS заключается в гармоничном сосуществовании двух типов моделей. С одной стороны, это традиционные инженерные модели (механические, строительные, электрические, биологические, химические, экономические и другие), а с другой – модели компьютерные.

Область применения CPS распространяется практически на все виды человеческой деятельности: промышленные, транспортные, энергетические, военные системы, экономические, системы жизнеобеспечения от медицины до умных домов и городов (рис. 1). CPS могут усилить аналитические способности человека, поэтому существует потребность в создании интерактивных систем нового уровня, сохраняющих человека в контуре управления [2].

На рис. 2 приведен пример типичной структуры CPS. Она состоит из объекта управления, «физической» части, той части, которая не реализуется вычислительной техникой или цифровыми сетями, и может включать механическую составляющую, биологические или химические процессы, даже людей-операторов. Управление этой частью CPS осуществляют одна или несколько платформ, которые состоят из датчиков, исполнительных механизмов, одного или нескольких процессоров и, возможно, одной или нескольких операционных систем. Сетевая структура обеспечивает механизмы взаимосвязи платформ, образуя вместе с ними «кибернетическую» часть CPS.

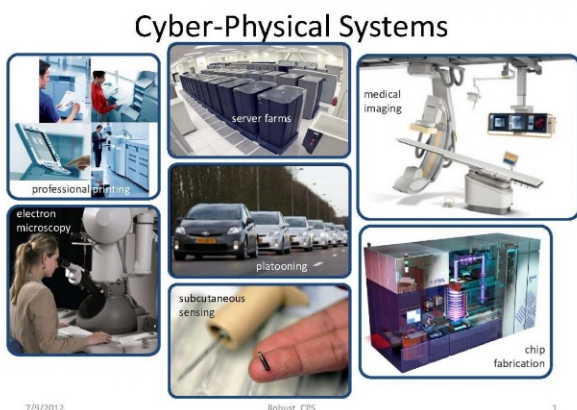


Рис. 1. Область применения киберфизических систем

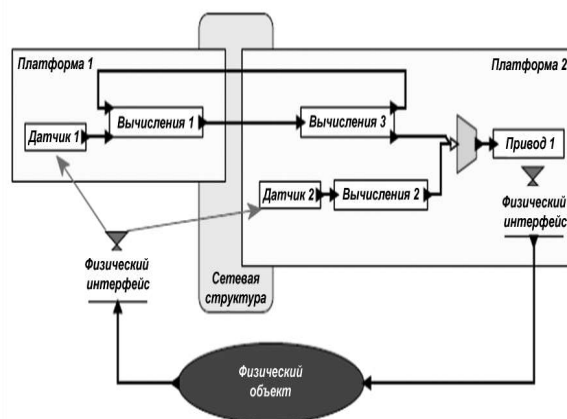


Рис. 2. Пример структуры киберфизической системы

Преимущества и перспективы развития концепции умных сетей электроснабжения и цифровых подстанций

Киберфизические системы широко внедряются в области электроэнергетики. В последнее время в энергосетевом комплексе России и остального мира начинают внедряться интеллектуальные сети (далее – Smart Grid).

Smart Grid – это модернизированные сети электроснабжения, использующие коммуникационные и информационные сети, которые во время работы взаимодействуют друг с другом и образуют единую интеллектуальную систему электроснабжения (рис. 3). Их использование позволяет анализировать информацию, считываемую с оборудования, что дает возможность для оптимизации использования электроэнергии, повышения надежности и эффективности энергосистем, повышения экономического эффекта (рис. 4).

Smart Grid должна соответствовать следующим аспектам:

1. Сеть должна быть гибкой и подстраиваться под нужды потребителей электроэнергии.

2. Сеть должна быть доступна для новых пользователей, причем в качестве новых подключений могут выступать и пользовательские генерирующие источники электроэнергии, в том числе возобновляемые источники энергии с нулевым или пониженным выбросом CO₂.

3. Сеть должна быть надежной и гарантировать защищенность и качество поставки электроэнергии в соответствии с соответствующими нормативными документами.

4. Сеть должна быть экономически выгодной, наибольшую ценность в проектировании Smart Grid должны представлять инновационные технологии в синергии с эффективным управлением и регулированием функционирования сети.

В современном мире защита природных ресурсов является одним из главных приоритетов, очень важно найти дешевые и эффективные пути сокращения их использования. Использование Smart Grid избавляет от необходимости строительства дополнительных генераторов, которые обеспечивают потребителей электроэнергией в случае перебоев электроснабжения, поскольку единая система позволяет быстро и эффективно перераспределить энергию между всеми объектами цепи и позволяет сократить выбросы в атмосферу CO₂ за счет существенного сокращения потерь мощности при ее распределении и передаче, а также вследствие доступа к возобновляемым источникам энергии. Еще одним важным достоинством является возможность активного участия потребителей в работе сети.

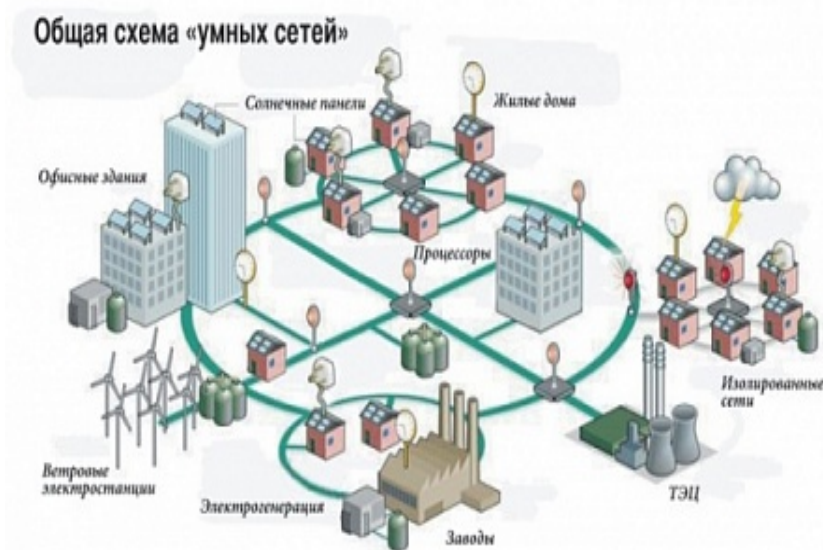


Рис. 3. Умные сети электроснабжения

Основные технологии Smart Grid появились в результате использования электронного управления, измерения и мониторинга. В 1990 г. для мониторинга энергии крупных клиентов стали применять автоматическое считывание показаний систем учета, что в результате привело к появлению первых прототипов интеллектуальных счетчиков. В настоящее время интеллектуальные счетчики широко используются как в бытовом хозяйстве, так и на производстве. Интеллектуальный счетчик (рис. 5) находится в непрерывной связи с производителем электроэнергии и позволяет в режиме реального времени анализировать информацию об использовании потребителем энергии в течение всего дня. Таким обра-

зом, интеллектуальные счетчики могут применяться как интерфейс для устройств быстрого реагирования на спрос (например, умные розетки), что позволяет пассивно определять нагрузку на сеть и контролировать изменение частоты источника питания. Например, такие устройства, как кондиционеры, холодильники и обогреватели могут корректировать свой рабочий цикл во избежание запуска во время пиковой нагрузки сети (см. рис. 4). Их применение создает существенную экономию и позволяет производителям электроэнергии вводить различные тарифы на электроэнергию в зависимости от времени года и средней суточной нагрузки в регионе [3].

В целом Smart Grid позволяет минимизировать энергопотери при различных авариях или несанкционированных доступах к электросети, в режиме реального времени отслеживая и автоматически приостанавливая подачу электроэнергии на данный участок сети. То же самое касается и недобросовестных потребителей (неплательщиков), они также будут моментально выявлены.

На западе понятие Smart Grid тесно связано с интеграцией возобновляемых источников энергии. Россия же взяла за основу расширенное толкование этого понятия. В частности, это объясняется высоким уровнем износа объектов электроэнергетики. Smart Grid для России – это одновременное инновационное преобразование всех субъектов электроэнергетики. Под интеллектуальной сетью в России понимается комплекс электрооборудования (воздушные линии электропередачи, трансформаторы, выключатели и т. д.), подключенный к генерирующим источникам и потребителям. При этом используются новые принципы, технологии передачи и управления процессом. Таким образом, предполагается объединение на технологическом уровне электрических сетей, потребителей и производителей электроэнергии в единую автоматизированную систему [4].



Рис. 4. Уровни интеллектуального учета



Рис. 5. Интеллектуальный счетчик электроэнергии

Вместе с Smart Grid активно развиваются и цифровые подстанции (далее – ЦПС); ЦПС представляет собой подстанцию с автоматизированным управлением технологическими процессами, оснащенную развитыми информационно-технологическими системами (рис. 5). Все процессы информационного обмена между различными элементами подстанции, информационного обмена с внешними системами, а также управления работой подстанции осуществляются в цифровом виде на основе протоколов международной электротехнической комиссии (IEC) [5].

Цифровая подстанция представляет собой комплексную систему, состоящую из силовых и вспомогательных устройств, устройств контроля и управления, компьютеров и программного обеспечения, каналов сбора и передачи данных. Общая архитектура системы управления программно-аппаратного комплекса ЦПС строится на иерархическом принципе с выделением трех основных уровней (рис. 5):

1. Уровень технологических процессов, этот уровень представляет подстанцию, как электроустановку, которая предназначена для преобразования, приема и распределения электроэнергии.

2. Уровень присоединений (ячейки), включающий в себя микропроцессорные блоки релейной защиты и автоматики, контроллеры присоединений и другое оборудование (терминалы, контроллеры, измерительные центры, счетчики и т. д.).

3. Станционный уровень, на котором осуществляется коммутация внутри подстанции и элементов системы управления, организация оперативных блокировок и функций самодиагностики на верхнем уровне.

Можно выделить следующие цели создания цифровой подстанции:

- унификация информационных протоколов обмена данными (IEC 61850);
- сокращение кабельного хозяйства;
- обеспечение наблюдаемости каналов сбора, передачи информации и управления;
- формирование единой системы диагностики устройств вторичной коммутации;
- переход к выполнению удаленной функциональной диагностики;
- обеспечение информационной безопасности энергообъекта;
- высокая помехозащищенность;
- высокая взрывопожаробезопасность и экологичность;
- простота проектирования, эксплуатации и обслуживания.

Применение цифровых технологий на подстанциях и электростанциях позволяет: значительно сократить капитальные затраты на оборудование, строительство, монтаж, наладку и эксплуатацию; повысить надежность функционирования всех элементов подстанции в целом; обеспечить дистанционное управление; обеспечить высокую надежность электроснабжения потребителей; повысить точность измерений, коммерческого и технического учета электроэнергии.

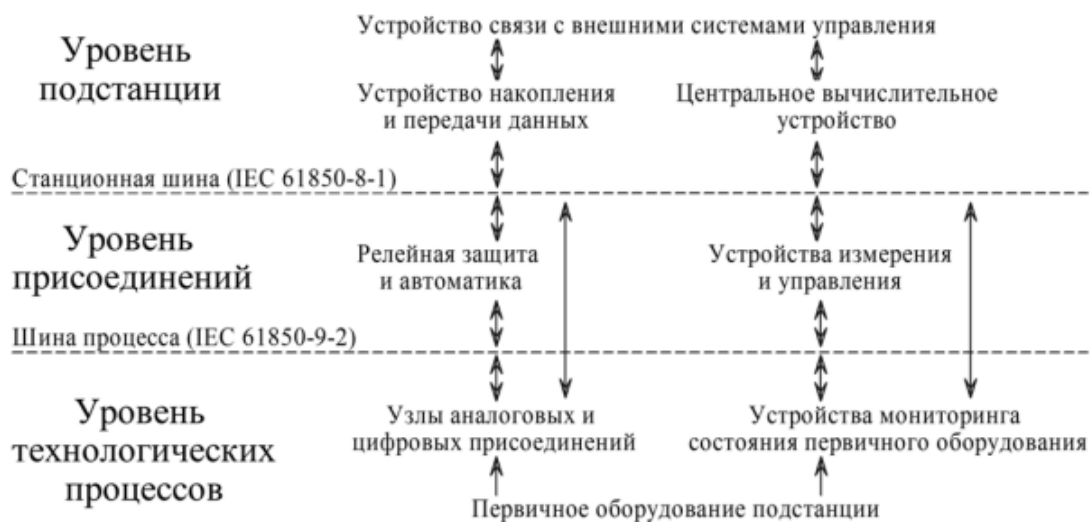


Рис. 6. Структурная схема ЦПС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тенденция массового перехода к цифровым технологиям в системах сбора и обработки информации, управления и автоматизации подстанций наметилась более 25 лет назад и стремительно развивается в настоящее время. В данном направлении активно работают практически все ведущие фирмы электроэнергетической отрасли, появляются различные международные стандарты, опытные полигоны, расширяется количество практических и теоретических сведений.

Переход к цифровой передаче данных дает возможность существенно сократить затраты на вторичные кабельные цепи и каналы для их прокладки за счет приближения источников цифровых сигналов к первичному оборудованию, повысить электромагнитную совместимость вторичного оборудования благодаря переходу на оптические связи. Кроме того, такой переход позволяет упростить и удешевить конструкцию микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств за счет исключения трактов ввода аналоговых сигналов, унифицировать интерфейсы интеллектуальных электронных устройств (IED) и упростить их взаимозаменяемость.

Библиографический список

1. Khaitan S. K., McCalley J. D. Cyber physical system approach for design of power grids // IEEE Power and Energy Society General Meeting
2. Киберфизические системы. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Киберфизические_системы_\(Cyber-Physical_System,_CPS\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Киберфизические_системы_(Cyber-Physical_System,_CPS))
3. Галицкая Д. А. Интеллектуальные системы учета электроэнергии – эффективный шаг развития экономики региона. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section019.html>, свободный.
4. Интеллектуальные сети Smart Grid – будущее российской энергетики. URL: <http://www.sicon.ru/about/articles/?base=&news=16>
5. Цифровая подстанция – важный элемент интеллектуальной энергосистемы. URL: https://www.ruscable.ru/article/Tsifrovaya_podstantsiya__vazhnyj_element_intellektualnoj_energosiste/

УДК 629.735.33

В. В. Супрунец

магистрант

М. В. Канацев – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель,

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Рассмотрим основные направления трансформации компетенций на примере специалиста электроэнергетического предприятия. Определим суть STEAM-технологии, позволяющей специалисту мыслить в креативном направлении, принимать нестандартные решения, и на основе которой осуществлять трансформацию компетенций.

STEAM – новая образовательная технология, родом из США, сочетающая в себе несколько предметных областей. Она была введена в образовательную программу для усиленного развития компетенций своих учеников в научно-техническом и креативном направлениях. Расшифровывая аббревиатуру STEAM, получается следующее: S – science; T – technology; E – engineering; A – art; M – math, что в переводе с английского означает: наука, технологии, инженерия, искусство и математика [1].

Термин STEAM образовался от STEM посредством прибавления к научно-техническому подходу Art-направления в образовании. Совмещая данные направления, приходим к комплексному междисциплинарному подходу, сочетающему в себе естественные науки, технологии, инженерии и математику с искусством [2].

Под Art могут пониматься совершенно разные направления – музыка, живопись, компьютерные технологии, скульптура, архитектура, дизайн и поэзия. STEAM – позволяет задействовать правое полушарие мозга, отвечающее за творчество, эмоции, чувства [3].

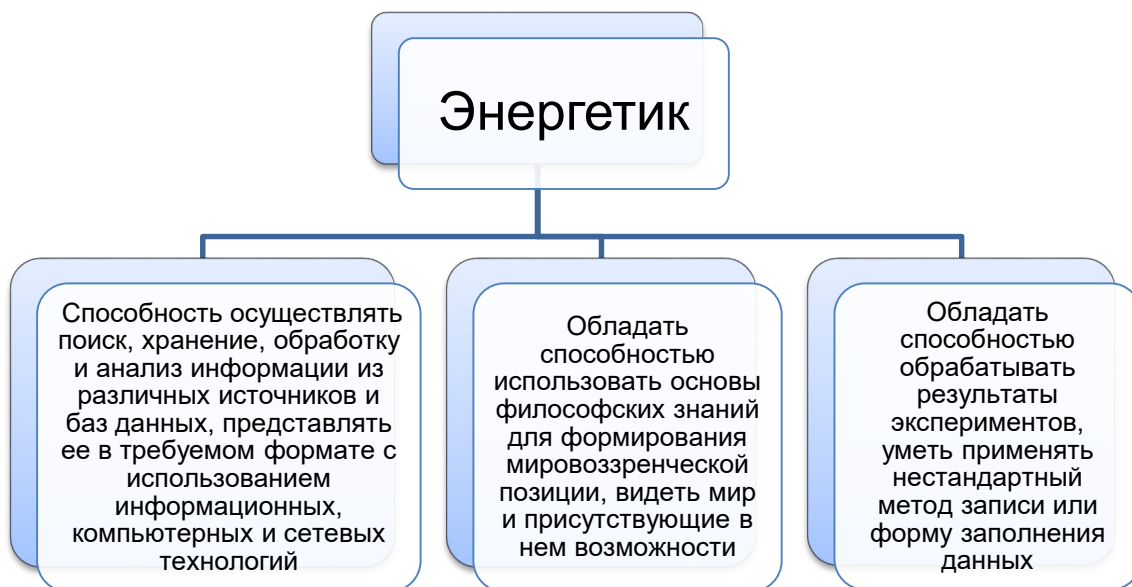
Данная система образования становится все более востребована во всем мире и на STEAM-специалистов спрос возрастает. Благодаря STEAM-технологии на предприятиях, в том числе электроэнергетических, появится возможность трансформировать компетенции специалистов, т. е. перейти от общепринятых к междисциплинарным. Рассмотрим трансформацию нескольких компетенций специалиста энергетического предприятия (см. рисунок).

На данной схеме приведен пример общепрофессиональной компетенции – способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий. В данной компетенции уже просматривается междисциплинарный подход, поскольку специалист в энергетике должен уметь использовать компьютерные технологии, что в свою очередь, относится к Art-направлению в STEAM.

С помощью такого понятия как «системное мышление» можно адаптировать компетенцию под междисциплинарную. Системное мышление позволяет на предприятии видеть картину в целом, помогает определить значение ваших действий для достижения общих целей предприятия, видеть взаимосвязь решений, как протекает весь процесс от начала и до конца, как будут развиваться рыночные возможности [4].

Взяв общекультурную компетенцию энергетика, которая предполагает, что специалист должен обладать способностью использовать основы философских

знаний для формирования мировоззренческой позиции, можно присоединить к ней одну из составляющих системного мышления – видеть мир и присутствующие в нем возможности. Чем больше возможностей и связей с поставщиками и партнерами способен увидеть и опробовать специалист, владеющий системным мышлением, тем выше вероятность того, что он сумеет найти творческие и полезные идеи. В свою очередь данное преобразование компетенции является ее трансформацией к STEAM- компетенции.



Трансформация компетенций специалиста

Можно привести еще один пример трансформации профессиональной компетенции, которая предполагает, что специалист в энергетике должен обладать способностью обрабатывать результаты экспериментов. Обращаясь к Art-направлению в составе STEAM-технологии, можно обучить специалиста следующим навыком: уметь применять нестандартный метод записи или форму заполнения данных. Умение нестандартно мыслить – это основополагающая идея Art и междисциплинарного подхода в целом [5].

Применив данные преобразования компетенций, мы получили совершенно новые междисциплинарные компетенции, которые позволяют специалистам проявить себя в креативном направлении, найти творческие и полезные идеи, что, в свою очередь, способствуют повышению эффективности предприятия в целом. Благодаря STEAM-технологии в обучении предприятие сможет добиться большего успеха. Именно поэтому планы переподготовки специалистов должны осуществляться на основе принципов междисциплинарного подхода.

Современные образовательные технологии внедрения и развития компетенций рассчитаны на краткосрочную перспективу. Поскольку данная стратегия не является опережающей, образовательные концепции должны быть обновлены. Предприятие должно выстраивать такую политику, нацеленную на долгосрочные цели и способную реализовывать стратегию, которая будет опираться на готовность и способность персонала целесообразно действовать в соответствии с требованиями дела, организованно и самостоятельно решать задачи и проблемы, а также самооценивать результаты своей деятельности. Новая образовательная технология STEAM рассчитана на долгосрочную перспективу, поскольку она предусматривает работу с критическим мышлением, как инструмент развития исследовательских компетенций, нестандартных решений, новых идей, что способствует развитию предприятия в будущем.

Библиографический список

1. Реформа инновационной системы США. От STEM к STEAM-образованию. URL: <https://almavest.ru/ru/node/1373> (дата обращения: 10.02.2018).
2. Лысак И. В. Междисциплинарность: преимущества и проблемы применения // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5.
3. STEM + Art = STEAM – простая формула успеха / Современные тренды в образовании. URL: <http://edguru.ru/blog/edutrends/159.html> (дата обращения: 10.02.2018)
4. Дандон Э. Инновации. Как определять тенденции и извлекать выгоду. М.: Вершина, 2006. 304 с.
5. ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. URL: <http://fgosvo.ru/news/6/1350> (дата обращения: 10.02.2018).

УДК 621.3.051

Н. С. Тарасов

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩЕГО РЕЗИСТОРА С АНТИКОРРОЗИОННЫМ
ИЗОЛИРУЮЩИМ ПОКРЫТИЕМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО
ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ИТЭР**

Испытания на экологическое старение защитного покрытия, предназначенного для резистивных элементов быстродействующих разрядных резисторов (FDR), проводились в соответствии с «Процедурой испытаний на старение покрытий для FDR»

Испытания проводились на протяжении 9 месяцев на испытательных площадках Испытательного центра «ВНИИГС» и Института им. Ефремова с участием представителей ЦА РФ и МО (табл. 1).

Испытательные образцы

В соответствии с нормами и правилами испытания проводились на плоских образцах толщиной 1 мм и размером 50 × 150 мм по размеру из стали 08Ю, используемой для изготовления резистивных элементов. Покрытие составляет 120 ÷ 150 мкм. Три группы антикоррозионных покрытий, каждая из которых состояла из четырех образцов (три образца для испытаний и один контрольный образец), были изготовлены в Институте Ефремова для проведения экологических испытаний. Следующие виды антикоррозионных покрытий были подвергнуты экологическим испытаниям:

- а) органосиликатная композиция ОС 85 02 АС;
- б) двухслойное покрытие, заполненное цинком МС2 – Т 62;
- с) однослойное покрытие, заполненное цинком МС2 – Т 62.

Таблица 1

Перечень испытательного оборудования

Оборудование	Тип	Параметры	Точность
Морозильная камера	LTF 325	-60 ÷ -30 °С	±2°С
Гигростат	G-4	40 ÷ 100°С	±2°С
Сушильная камера	LOIPLF-120/300-VG1	50 ÷ 300°С	±1°С
Спектральный колориметр	X-Rite SP-60	X=2,5-109,0 Y=1,4-98,0 Z=1,7-118,1	(X,Y,Z)=1,0
Увеличительное стекло с подсветкой	10 ^x	Scale 28mm g. m. 0.1mm	±1,5 mm

Схема тестирования

Во время всех экологических испытаний образцы были расположены на пластиковом паллете, не поддерживая связь друг с другом. Между каждым испытанием на окружающую среду образцы перемещались из одной климатической камеры в другую в течение не более 10 минут.

На рис. 1 и 2 показаны примеры расположения образцов в испытательных камерах.

В табл. 2 представлена последовательность движений и время воздействия пробных образцов в течение одного цикла.

Таблица 2

Параметры цикла тестирования

Оборудование	Тестовый режим		Время воздействия, ч
	Температура, °С	Относительная влажность, %	
1. Гигростат	40±2	97±3	6
2. Гигростат без нагрева	No rates	97±3	2
3. Замораживающая камера	Минус (45±3)	No rates	3
4. Сушильная камера	60±3	No rates	7
5. Воздействие на открытом воздухе	15÷30	Не более 80	6



Рис. 1. Образцы в морозильной камере



Рис. 2. Образцы в гигростате

Для определения срока службы покрытия в течение 20 лет цикл тестирования повторялся 140 раз. После завершения испытаний образцы визуально проверялись на предмет изменения защитных свойств.

Результаты тестирования

Термоциклическое предварительное тестирование образцов.

Для имитации температурных нагрузок, которые должны быть применены к резистивным элементам во время работы, образцы покрытия (все типы) подвергались 100 циклам нагрева-охлаждения перед экологическими испытаниями. С этой целью образцы помещали в печь, предварительно нагретую до 300 °С, затем они были выведены из печи и охлаждены на воздухе до комнатной температуры.

На рис. 3 показан пример кривой нагрева для одного из циклов нагрева-охлаждения.

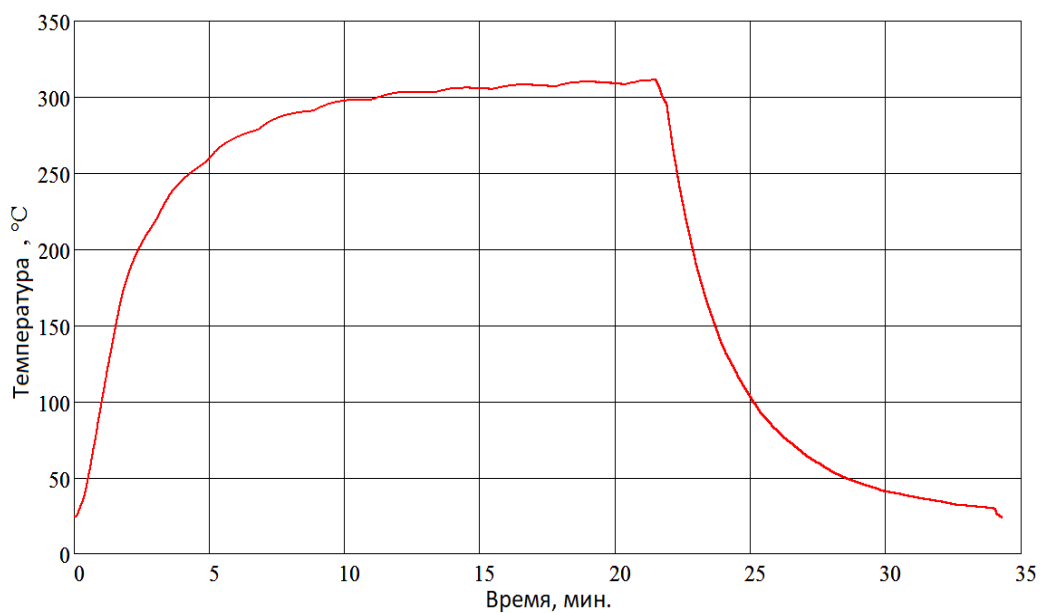


Рис. 3. Кривая нагрева для образцов

Визуальный осмотр покрытия, выполненного после 100 циклов нагрева-охлаждения, показал, что все образцы сохранили свои антикоррозионные защитные свойства, т. е. присутствия трещин и ржавчины на поверхности образца обнаружено не было.

Таблица 4

Органосилированный состав ОС 85 02 АС

№ образца	Фотография образца
1	
2	
3	
4	

Таблица 5

Двухслойное покрытие, заполненное цинком МС2 – Т – 62

№ образца	Фотография образца
1	
2	
3	
4	

Таблица 6

Однослойное покрытие, заполненное цинком МС2 – Т 62

№ образца	Фотография образца
1	
2	
3	
4	

При приеме образцов состояние краев и прилегающих поверхностей покрытия на расстоянии 10 мм от краев не учитывалось.

После 140 циклов антикоррозионное покрытие из трех образцов (всех типов) сохраняет защитные свойства, т. е. никакой ржавчины на поверхности образца не обнаружено.

Фотографии тестовых образцов приведены в табл. 4, 5 и 6.

Теплостойкие защитные покрытия: ОС 85 02 АС и МС2 Т 62 сохранили свои защитные свойства после 140 циклов испытаний на старение в окружающей среде. Результаты испытаний удовлетворяли критериям, указанным в процедуре тестирования.

Библиографический список

1. Энергетика будущего. Международный проект ИТЭР / под ред. академика Е. П. Велихова. УТС-Центр, 2005.
2. Термоядерный реактор ITER авг. 28, 2012 <https://masterok.livejournal.com/207862.html>
3. The Anticorrosive Coating of the Fdr 24.02.2016.

УДК 681.5

Е. Р. Терещенко

студент кафедры управления в технических системах

М. В. Бураков – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ВЕТРОТУРБИНА КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ**

Ветрогенератор (ветротурбина) – устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора и преобразования этой энергии в электрическую.

Принцип работы ветрогенератора: поток ветра вращает лопасти и активирует ротор, на котором они установлены, ротор и лопасти приводят в движение главный вал, который в свою очередь вращает редуктор; и в результате вращения генератора на выходе получаем электричество.

Рассмотрим математическое описание ветрогенератора как объекта управления [1, 2].

Кинетическая энергия E , которой обладает воздушный поток, зависит от его массы и скорости может быть определена по формуле

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где m – масса воздушного потока; v – скорость ветра, м/с.

Удельная мощность ветрового потока – это кинетическая энергия, переносимая потоком ветра в единицу времени через площадь в 1 м^2 .

Поток воздуха в ветротурбине показана на рис. 1.

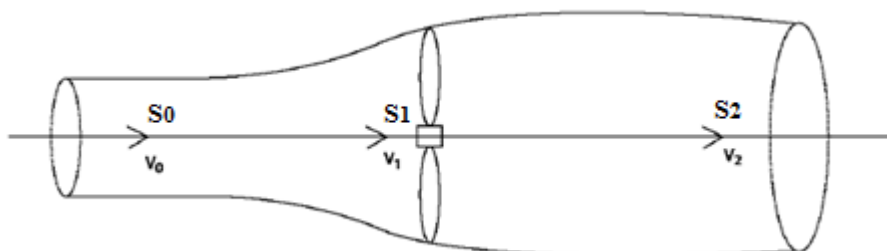


Рис. 1. Поток воздушных масс в ветротурбине

Секундный массовый расход воздуха m равен произведению секундного расхода воздуха на плотность ρ воздушного потока. Согласно закону сохранения энергии масса воздушного потока струи m_0 , протекающего через сечение 0 (S_0), равна массе m_1 данного потока, протекающего через сечение I (S_1), и массе данного потока, протекающего через сечение II (S_2), при условии, если воздушный поток установившийся:

$$m_0 = m_1 = m_2 = \text{const},$$

$$m = \rho S_0 v_0 = \rho S_1 v_1 = \rho S_2 v_2,$$

где $v_2 < v_1 < v_0$; S_1 – площадь, ометаемая ветротурбиной; S_0 и S_2 – площади поперечных сечений проходящего через ветротурбину ветрового потока, соответственно, до ветроколеса и за ним; ρ – плотность воздуха ($\rho = 1,23 \text{ кг/м}^3$. при $t = 15^\circ$ и атмосферном давлении 760 мм. рт. ст.).

Это выражение называется уравнением неразрывности струи воздушного потока, оно устанавливает взаимосвязь между сечением струи и скоростью ветра. Мощность движущегося воздуха равна

$$P_{\text{wind}} = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2}mv = \frac{1}{2}\rho Sv^3,$$

Из этой формулы видно, что секундная энергия или мощность потока пропорциональна кубу скорости, т. е. если скорость ветра увеличилась, например в 2 раза, то энергия воздушного потока увеличится в 8 раз.

Для круглого сечения $S = \pi R^2$ соотношение (4) может быть записано в виде:

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2}\rho\pi R^3v^3.$$

В механическую энергию ВЭУ может преобразовывать только часть полной энергии воздушного потока, проходящего через сечение ветроколеса, определяемую типом двигателя и режимом его работы. Эта часть оценивается коэффициентом использования энергии ветра C_p .

Аэродинамическая мощность ротора [3]:

$$P = \tau_{\text{aero}}(\omega),$$

где τ_{aero} – аэродинамический момент вращения, приложенный к ротору ветром, и ω – угловая скорость ротора.

Коэффициент мощности ВЭУ определяется как отношение аэродинамической мощности ротора к мощности ветра:

$$C_p = \frac{P}{P_{\text{wind}}}.$$

Коэффициент мощности $C_p(\lambda, \beta)$ – это функция, которая зависит от двух наиболее важных параметров турбины λ и β , где β – угол поворота лопастей; λ – коэффициент, характеризующий работу винта или быстроходность турбины.

В механическую энергию ветродвигатель может преобразовать только часть полной энергии воздушного потока, проходящего через сечение ветроколеса, определяемую типом двигателя и режимом его работы.

В практических расчетах учитывают влияние на величину C_p типа ветроколеса, в результате чего он уменьшается и составляет:

$$C_p = (0,3 - 0,8)C_p^{\text{max}} \approx 0,18 - 0,48.$$

Коэффициент C_p – один из главных параметров, характеризующих эффективность ветротурбины, он определяет среднюю выработку электроэнергии на конкретной установке.

Другим важнейшим параметром ВЭУ является коэффициент быстроходности λ , определяемый как отношение величины окружной скорости концов лопастей к действующему значению скорости ветра:

$$\lambda = \frac{\omega R}{v},$$

где R – радиус окружности (м), ометаемой концевыми элементами лопастей; ω – угловая частота (рад/с); v – скорость ветра (м/с).

Величина λ находится в пределах 0,2 – 10. Для крупных ВЭУ $\lambda > 1$, для ВЭУ с большим количеством лопастей $\lambda \approx 3$, для ВЭУ с тремя лопастями и большой скоростью вращения $\lambda \approx 6 - 10$.

Момент вращения ротора:

$$\tau_c = k_{opt}\omega^2, \quad (1)$$

где

$$k_{opt} = \frac{1}{2}\rho SR^3 \frac{C_p^{max}}{\lambda_*^3},$$

где λ_* – это значение λ , в котором достигается максимальный коэффициент мощности C_p .

Угловое ускорение ротора

$$\dot{\omega} = \frac{1}{J}(\tau_{aero} - \tau_c), \quad (2)$$

где J – момент инерции ротора, а аэродинамический момент вращения описывается формулой

$$\tau_{aero} = \frac{1}{2}\rho SRC_q(\lambda, \beta)v^2,$$

где

$$C_q(\lambda, \beta) = \frac{C_p(\lambda, \beta)}{\lambda}.$$

Тогда

$$\tau_{aero} = \frac{1}{2}\rho SR \frac{C_p(\lambda, \beta)}{\lambda} v^2. \quad (3)$$

Тогда, подставляя (3) и (1) в (2), получим выражение для угловой скорости генератора

$$\dot{\omega} = \frac{1}{2J}\rho SR^3 \omega^2 \left(\frac{C_p(\lambda, \beta)}{\lambda^3} - \frac{C_p^{max}}{\lambda_*^3} \right).$$

Зависимость коэффициента мощности ветротурбины C_p от λ и β выражается в виде [2]:

$$C_p(\lambda, \beta) = C_1 \left(\frac{C_2}{\lambda_i} - C_3\beta - C_4 \right) e^{\frac{-C_5}{\lambda_i}} + C_6\lambda,$$

где

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0,08\beta} - \frac{0,035}{\beta^3 + 1},$$

где коэффициенты: $C_1 = 0,5176$, $C_2 = 116$, $C_3 = 0,4$, $C_4 = 5$, $C_5 = 21$ и $C_6 = 0,0068$.

Максимальное значение $C_p = 0,48$ достигается при $\beta = 0$ и $\lambda = 8,1$.

Запишем уравнение динамики в виде:

$$\tau_{aero} - \tau_c = J\dot{\omega} + b\omega, \quad (15)$$

где b – коэффициент сопротивления вращению, и

$$\tau_{aero} = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 \frac{C_p(\lambda, \beta)}{\omega} v^3. \quad (18)$$

Тогда модель ветротурбины можно представить в виде, показанном на рис. 2.

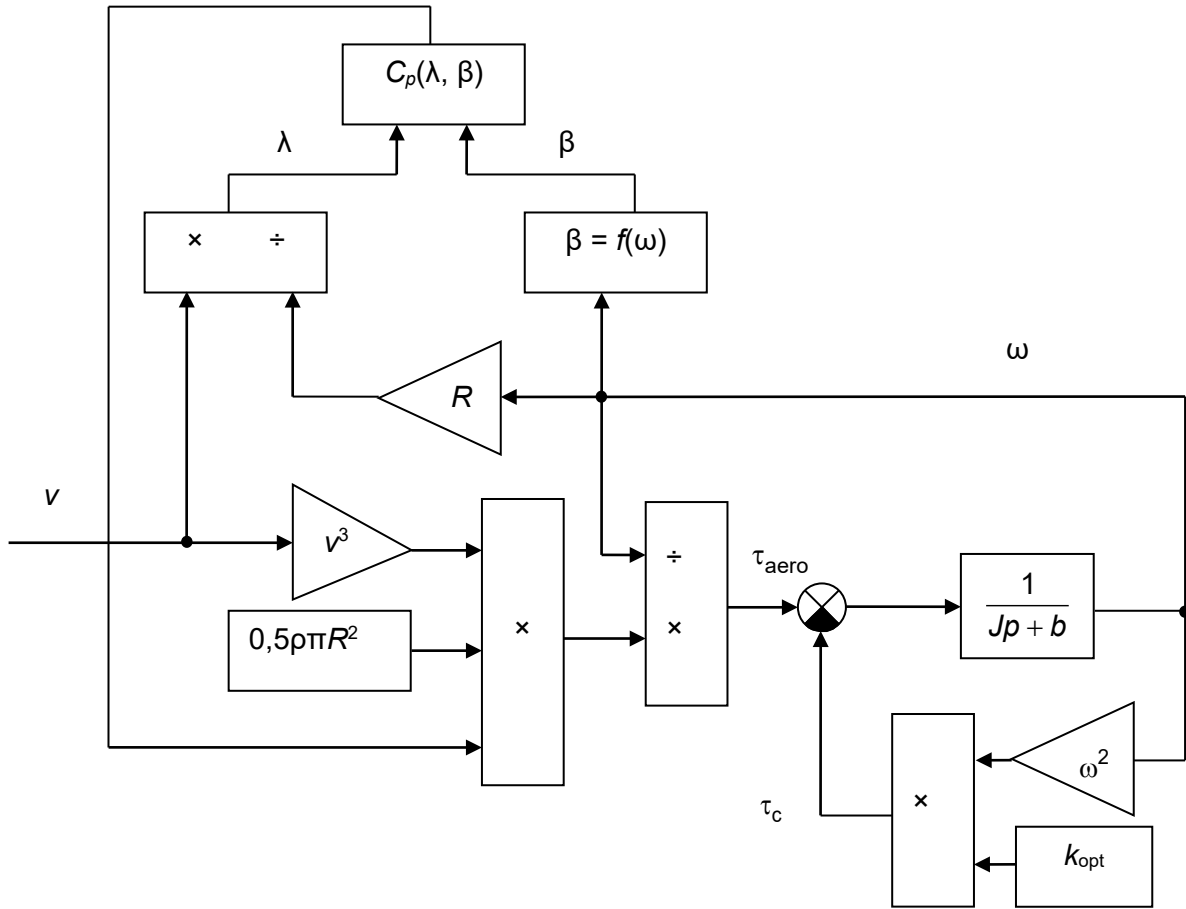


Рис. 2. Блок-схема ветротурбины как объекта управления

Полученное математическое описание может быть использовано при разработке системы управления мощностью ветротурбины.

Библиографический список

1. Laks J., Pao L. and Wright. Control of Wind Turbines: Past, Present and Future, ACC June 2009.
2. Pao L. Y., Johnson K. E., A Tutorial on the Dynamics and Control of Wind Turbines and Wind Farms, Proc. Amer. Ctrl. Conf., June 2009.
3. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы: учебник. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2003. 400 с.

УДК 65.031

А. А. Федеров

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Сердитов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Проблемы, стоящие перед электроэнергетикой России, это прежде всего рост процесса старения основного оборудования электрических станций и сетей, в которых доля устаревшего оборудования превышает 40%, рост потерь электроэнергии в электрических сетях более чем в 1,5 раза.

Динамика относительных потерь электроэнергии в электрических сетях ряда зарубежных стран по 2011–2017 гг. приведена в таблице.

Динамика потерь электроэнергии при ее передаче и распределению по отношению к общему объему производства, %

Регион	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ЕС	7,19	6,77	6,42	6,53	6,48	6,24	6,29
США	6,42	5,87	6,54	6,61	6,4	6,22	6,4
Канада	7,81	6,50	6,62	6,18	5,68	7,24	7,06
Китай	6,91	6,59	6,48	6,03	6,10	5,73	5,81
Индия	27,63	27,45	24,30	21,20	20,04	21,14	17,08
Австралия	7,14	6,54	6,75	5,90	6,16	5,27	5,07
Турция	19,02	17,11	14,07	14,88	14,31	14,11	14,89
Россия	11,60	12,09	10,83	10,79	10,13	9,97	9,98
Мир	8,89	8,71	8,68	8,67	8,17	8,10	8,12

Источник: *The Worldbank*

Современный опыт повышения энергоэффективности на предприятиях автомобильного транспорта свидетельствует о том, что успех может быть достигнут только при системном подходе к минимизации затрат материальных, энергетических, трудовых, информационных и финансовых ресурсов.

Энергосбережение является процессом, в ходе которого сокращается потребность в энергетических ресурсах на единицу конечного полезного эффекта от их использования. Однако само понятие энергосбережения является экономически ограниченным, оно недостаточно для формирования энергетики хозяйственной системы. Поэтому более точным понятием, описывающим качественные процессы в энергетике, является энергоэффективность.

Рассматривая энергосбережения как процесс, получаем как выход – энергоэффективность, а как входы [2]:

- нормативные документы, технико-экономические обоснования, конструкторскую и сметную документации, апробированные технические решения, результаты экспериментов;
- материальные ресурсы, в том числе энергогенерирующие объекты, энергопотребляющие установки;
- трудовые ресурсы – квалифицированные специалисты и менеджеры проектов;
- финансовые ресурсы;

- временные ресурсы – сроки реализации проекта;
- действующие системы льгот и штрафов по линии инспекции по энергосбережению.

Суть реализации процесса заключается в объединении определенных способов входов, их преобразовании в соответствии с принятыми условиями и параметрами процесса в выход. Поэтому для реализации процесса энергоэффективности целесообразно формировать соответствующую систему управления.

При этом можно выделить следующие факторы, влияющие на расходы энергетических ресурсов на транспорте:

1. Количество перевезенных пассажиров и грузов.
2. Объемы перевозки (пассажиро-километры или тонно-километры).
3. Удельные затраты топливно-энергетических ресурсов.

Усредненные удельные затраты первичной энергии (кг у.т. / пасс.км) на транспорте составляют: легковые автомобили – 0,065, автобусы – 0,022, метро и трамваи – 0,035 [2]. На этот фактор влияет участие элементов транспортной системы с различными удельными затратами топливно-энергетических ресурсов в обеспечении конкретных объемов перевозок, показатели использования энергии, которая подана для транспортной системы или транспортного средства, загруженность единицы транспортной мощности, поведение участников транспортной системы, организационно-технические мероприятия на транспорте.

Экономия электроэнергии на транспортном предприятии может быть достигнута за счет:

- использования новых ресурсосберегающих технологий;
- совершенствования системы транспортных потоков, в том числе грузоперевозок;
- совершенствования системы энергоснабжения (СЭП) и содержание в надлежащем состоянии ее элементов;
- нормирования расхода топлива, электроэнергии и контроля за их использованием;
- организационных мероприятий.

С целью повышения технического уровня двигателей внутреннего сгорания и технических средств необходимо повышать мощности этих двигателей для увеличения номинальной производительности соответствующих технических средств, уменьшать расходы топлива на эффективную мощность, увеличивать моторесурс двигателей до капитального ремонта.

Библиографический список

1. Тяглов С. Г., Киселева Н. Н., Тимченко В. А. Современные аспекты развития «зеленой экономики» в Российской Федерации: монография. Ростов-на-Дону: Содействие-XXI век, 2017. 103 с.
2. Немов В. Ю. Совершенствование методики прогнозирования энергопотребления на автомобильном транспорте: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Новосибирск, 2016. 23 с.

УДК 621.65

М. Б. Федотов

магистрант кафедры управления в технических системах

В. С. Акопов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВЫБОР НАСОСА ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ ЦЕХА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТА

Целью работы является выбор насоса для системы управления технологического водоснабжения для цеха по производству цемента. Насос должен подавать определенное количество воды в резервуар, где будет происходить один из этапов приготовления цемента.

Общая функциональная схема такой системы может быть представлена в виде структуры, приведенной на рис. 1.

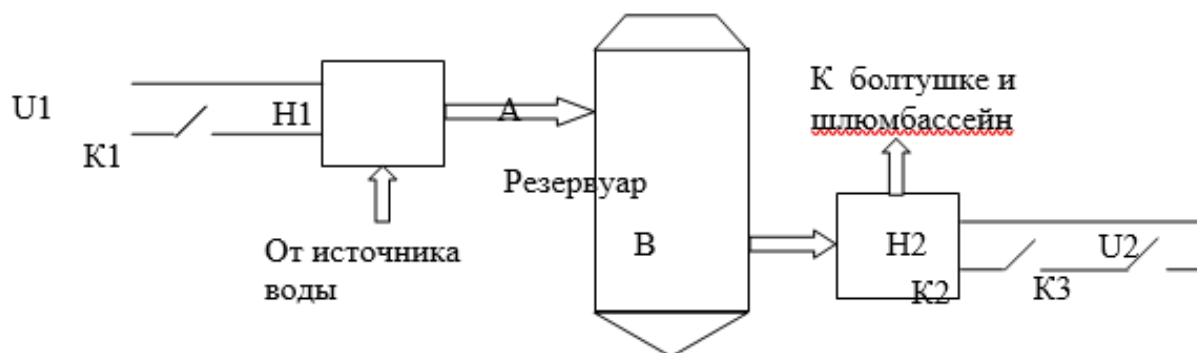


Рис. 1. Функциональная схема системы управления технологического водоснабжения: U1, U2 – напряжения питания насосов подачи Н1 и слива Н2 соответственно; Н1, Н2 – напоры насосов подачи и слива соответственно; К1, К2, – контакты датчиков уровня воды А и уровня воды В соответственно; К3 – контакты датчика аварийного отключения насоса

Насос – это гидравлическая машина, используемая для откачки, транспортировки, подачи и обеспечения циркуляции в замкнутом пространстве различных жидких сред, в том числе жидкостей с некоторым содержанием паров, газов и твердых частиц [1].

Приведем классификацию насосов (рис. 2).

Объемные и динамические насосы классифицируются: по размерам, мощности, месту установки, числу ступеней, числу потоков, расположению насоса, эксплуатационным требованиям, направлению оси вращения или движения рабочих органов, конструкции опор, расположению рабочих органов, конструкции и виду разъема корпуса, расположению входа для жидкости, условиям всасывания, взаимодействию на окружающую среду, по соблюдению температурного режима [1].

Расчет требуемой мощности насосов. Выбор насосов

Рассчитаем объем резервного бака:

$$V = S \times h = \pi \times r^2 \times h, \quad (1)$$

$$V = 3,14 \times 6,25 \times 10 = 196,25 \text{ м}^3$$

При $h = 10$ м – объем воды в баке $V=196,25$ м³.

При $h = 1$ м – объем воды в баке $V=19,625$ м³.

При $h = 9$ м – объем воды в баке $V=176,625$ м³.

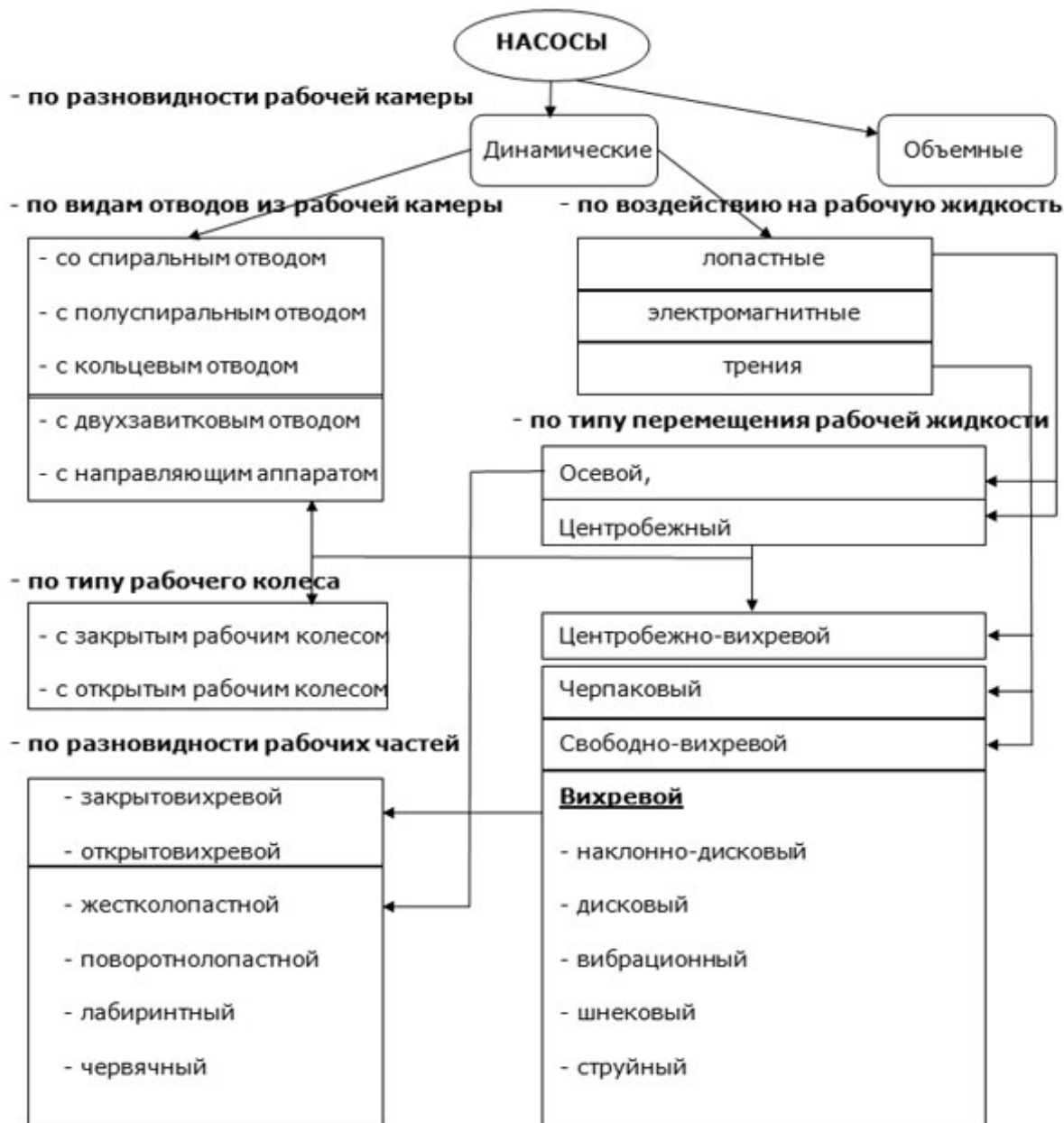


Рис. 2. Классификация насосов

Выполним расчет требуемой мощности электродвигателя для насоса, который будет подавать воду в накопительный бак для производства цемента [2].

Общая формула для расчета необходимого напора (диаметры всасывающего и нагнетающего патрубков принимаем одинаковыми) можно воспользоваться выражением (2):

$$H = (p_1 - p_2) / (\rho g) + H_{\Gamma} + h_{\Pi}, \quad (2)$$

где H – необходимый общий напор, м; p_1 – давление в заборной емкости, Па; p_2 – давление в приемной области, Па; ρ – плотность перекачиваемой среды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H_{Γ} – геометрическая высота подъема перекачиваемой среды, м; h_{Π} – суммарные потери напора, м.

В рассматриваемой нами задаче:

$$p_1=0 \text{ Па}; p_2=10 \cdot 1000 \cdot 9,8 \text{ Па}; \rho=1000 \text{ кг/м}^3; g=9,8 \text{ м/с}^2; H_r=20 \text{ м}; h_n=0,2 \text{ м}.$$

Поэтому

$$H=2 \cdot 1000 \cdot 9,8 / 1000 / 9,8 + 20,0 + 0,2 = 22,2 \text{ м}.$$

Выделяют несколько мощностей в зависимости от потерь при ее передаче, которые учитываются различными коэффициентами полезного действия. Мощность, идущая непосредственно на передачу энергии перекачиваемой жидкости, рассчитывается по формуле (3):

$$N_n = \rho g Q H, \quad (3)$$

где N_n – полезная мощность, Вт; ρ – плотность перекачиваемой среды, кг/м³; Q – расход, л/с; H – общий напор, м.

Зададим следующие исходные данные:

$$\rho=1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$Q=10 \text{ л/с} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \text{ (берется с запасом);}$$

$$H=22,2 \text{ м};$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2;$$

Подставив исходные данные, получим величину полезной мощности:

$$N=1000 \cdot 9,8 \cdot 0,0027 \cdot 22,2 = 587,4 \text{ Вт}.$$

Мощность, развиваемая на валу насоса, больше полезной, и ее избыток идет на компенсацию потерь мощности в насосе. Взаимосвязь между полезной мощностью и мощностью на валу устанавливается коэффициентом полезного действия (КПД) насоса. Коэффициент полезного действия насоса учитывает утечки рабочей жидкости через уплотнения и зазоры (объемный КПД), потери напора при перемещении перекачиваемой среды внутри насоса (гидравлический КПД) и потери на трение между подвижными частями насоса, такими как подшипники и сальники (механический КПД) [2]:

$$N_B = N_n / \eta_n, \quad (4)$$

где N_B – мощность на валу насоса, Вт; N_n – полезная мощность; η_n – КПД насоса.

Выберем $\eta_n=0,7$, тогда мощность на валу равна

$$N_B = 587,4 / 0,7 = 839,1 \text{ Вт}.$$

В свою очередь, мощность, развиваемая электродвигателем, превышает мощность на валу, что необходимо для компенсации потерь энергии при передаче ее от двигателя к насосу.

Мощность электродвигателя и мощность на валу связаны КПД передачи и двигателя.

$$N_d = N_B / (\eta_n \eta_d), \quad (5)$$

где N_d – потребляемая мощность электродвигателем, Вт; N_B – мощность на валу, Вт; η_n – коэффициент полезного действия передачи; η_d – коэффициент полезного действия двигателя.

Выбрав $\eta_n=0,9$ и $\eta_d=0,5$, рассчитаем потребляемую мощность электродвигателя:

$$N_d = 839,1 / (0,9 \cdot 0,5) = 1864,6 \text{ Вт}.$$

Окончательная установочная мощность электродвигателя вычисляется по мощности двигателя с учетом возможной перегрузки в момент пуска:

$$N_y = bN_d, \quad (6)$$

где N_y – установочная мощность электродвигателя, Вт; N_d – потребляемая мощность электродвигателя, Вт; b – коэффициент запаса мощности, который может быть определен из приведенной таблицы.

Таблица коэффициентов запаса мощности

N , кВт	Менее 1	От 1 до 5	От 5 до 50	Более 50
b	2–1,5	1,5–1,2	1,2–1,15	1,1

В результате окончательная установочная мощность электродвигателя с учетом возможной перегрузки в момент пуска, при коэффициенте $b=2$ равна

$$N_y = 1864,6 \cdot 1,35 = 2517,3 \text{ Вт.}$$

В качестве нагнетающего насоса можно взять скважный насос Иртыш ПД 50/125 140-3/2.

Конструкция насоса приведена на рис. 3.

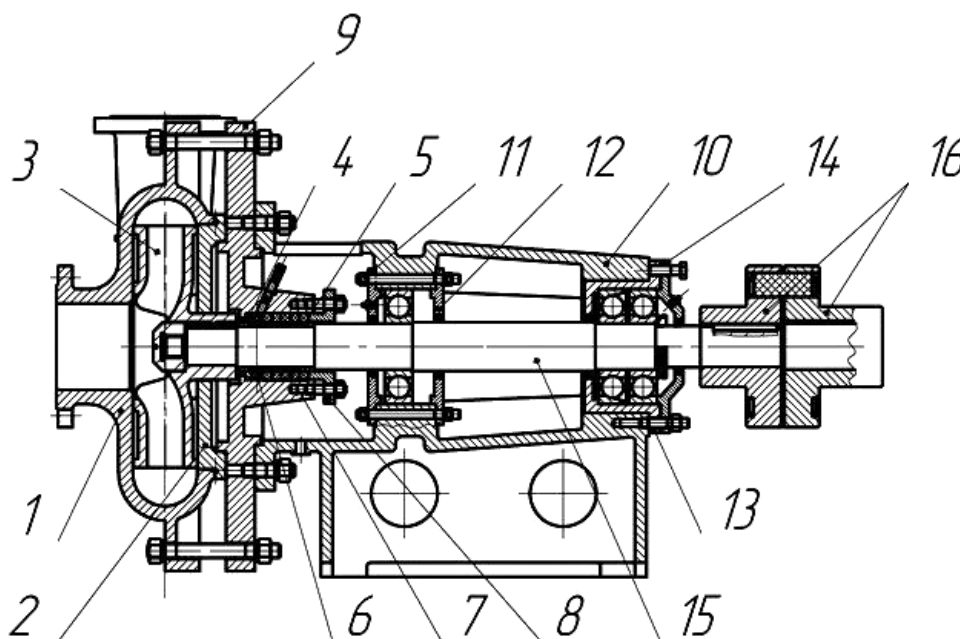


Рис. 3. Общий вид насоса: 1 – корпус насоса; 2 – диск защитный; 3 – колесо рабочее; 4 – втулка сальника; 5 – втулка защитная; 6 – кольцо сальника; 7 – набивка; 8 – крышка сальника; 9 – крышка; 10 – картер; 11 – крышка прижимная; 12 – крышка прижимная; 13 – гильза; 14 – крышка прижимная; 15 – вал; 16 – муфта

Электродвигатель насоса Иртыш ПД 50/125 – 3/2 специального типа, асинхронный, трехфазный с короткозамкнутым ротором, охлаждается перекачиваемой средой.

Теперь перейдем к расчету требуемой мощности электродвигателя для сливного насоса, который будет подавать воду в болтушку и шлюмбассейн [2].

Выделяют несколько мощностей в зависимости от потерь при ее передаче, которые учитываются различными коэффициентами полезного действия. Мощ-

ность, идущая непосредственно на передачу энергии перекачиваемой жидкости, рассчитывается по формуле (7):

$$N_{\text{п}} = \rho g Q H, \quad (7)$$

где $N_{\text{п}}$ – полезная мощность, Вт; ρ – плотность перекачиваемой среды, кг/м³; Q – расход, м³/с; H – общий напор (высота шлюмбассейна $H_{\text{ш}}=5$ м).

Подставив исходные данные, получим величину полезной мощности

$$N_{\text{п}}=860 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,00083 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 4,1 \text{ м}=28,6 \text{ Вт.}$$

$$N=1000 \cdot 9,8 \cdot 0,0027 \cdot 5=132,3 \text{ Вт.}$$

Мощность, развиваемая на валу насоса больше полезной, и ее избыток идет на компенсацию потерь мощности в насосе. Взаимосвязь между полезной мощностью и мощностью на валу устанавливается КПД насоса; КПД насоса учитывает утечки рабочей жидкости через уплотнения и зазоры (объемный КПД), потери напора при перемещении перекачиваемой среды внутри насоса (гидравлический КПД) и потери на трение между подвижными частями насоса, такими как подшипники и сальники (механический КПД) [2].

$$N_{\text{в}} = N_{\text{п}} / \eta_{\text{н}}, \quad (8)$$

где $N_{\text{в}}$ – мощность на валу насоса, Вт; $N_{\text{п}}$ – полезная мощность, Вт; $\eta_{\text{н}}$ – коэффициент полезного действия насоса.

Выберем $\eta_{\text{н}}=0,7$, тогда мощность на валу равна

$$N_{\text{в}}=132,4/0,7=189 \text{ Вт.}$$

В свою очередь, мощность, развиваемая электродвигателем, превышает мощность на валу, что необходимо для компенсации потерь энергии при передаче ее от двигателя к насосу.

Мощность электродвигателя и мощность на валу связаны коэффициентами полезного действия передачи и двигателя.

$$N_{\text{д}} = N_{\text{в}} / (\eta_{\text{п}} \eta_{\text{д}}) \quad (9)$$

где $N_{\text{д}}$ – потребляемая мощность электродвигателем, Вт; $N_{\text{в}}$ – мощность на валу, Вт; $\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи; $\eta_{\text{д}}$ – КПД двигателя.

Выбрав $\eta_{\text{п}}=0,9$ и $\eta_{\text{д}}=0,5$, рассчитаем потребляемую мощность электродвигателя:

$$N_{\text{д}}=189/(0,9 \cdot 0,5)=428 \text{ Вт.}$$

Окончательная установочная мощность электродвигателя вычисляется по мощности двигателя с учетом возможной перегрузки в момент пуска

$$N_{\text{у}} = b N_{\text{д}} \quad (10)$$

где $N_{\text{у}}$ – установочная мощность электродвигателя, Вт; $N_{\text{д}}$ – потребляемая мощность электродвигателя, Вт; b – коэффициент запаса мощности, который может быть определен из приведенной таблицы.

В результате окончательная установочная мощность электродвигателя с учетом возможной перегрузки в момент пуска, при коэффициенте $b=2$ равна

$$N_{\text{у}}=428 \cdot 1,5=630 \text{ Вт.}$$

Опираясь на предыдущие расчеты требуемой мощности двигателя, выбираем в качестве сливного насос Иртыш типа ЦМЛ 50/122-1,5/2.

Основные характеристики насоса ЦМЛ 50/122-1,5/2 (с двухполюсным электродвигателем):

Подача, м ³ /ч	11
Напор, м	16
Мощность двигателя, кВт	1,5
Частота вращения, об/мин	3000

Электродвигатели в составе насосов Иртыш ЦМЛ асинхронные с короткозамкнутым ротором типа "беличье колесо" закрытой конструкции, с внешней вентиляцией. Конструкция двигателей гарантирует их высокий КПД и бесшумную работу.

Устройство и принцип работы насоса показаны на рис. 4.

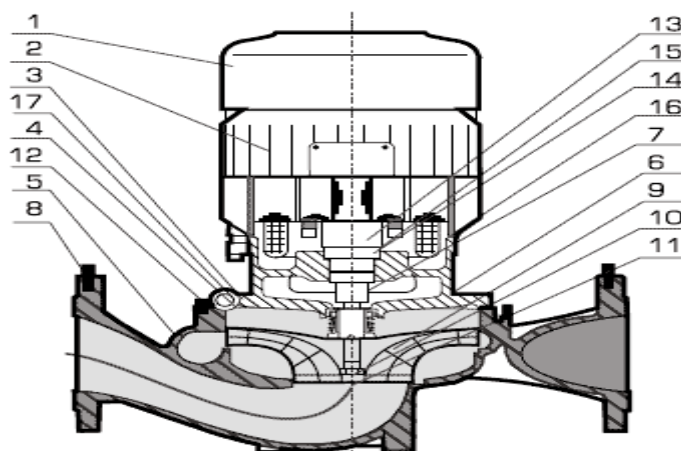


Рис. 4. Общий вид насоса ЦМЛ: 1 – крышка вентилятора; 2 – электродвигатель; 3 – проставка; 4 – прокладка; 5 – корпус спиральный; 6 – кран Маевского; 7 – торцевое уплотнение; 8 – вывод на датчик давления с резьбовой пробкой; 9 – рабочее место; 10 – шайба; 11 – гайка; 12 – болт; 13 – вал; 14 – отбойник (манжета); 15 – крышка (кольцо стопорное); 16 – масленка; 17 – рым-болт

Насос ЦМЛ представляет собой одноступенчатый циркуляционный центробежный односкоростной насос низкого давления, компактного исполнения. Корпус насоса 5 – спиралевидный, выполняется из серого чугуна марки СЧ20, Inline – исполнения (входной и выходной патрубки с одинаковыми фланцами и расположены на одной линии). Соединение корпуса с электродвигателем – фланцевое через проставку 3, выполненную из материала СЧ 20. Рабочее колесо 9 закрытого типа и выполняется из синтетического материала.

Электронасосы типа ЦМЛ унифицированного ряда предназначены для работы в стационарных условиях, при температуре окружающей среды до + 40°С, для перекачивания чистой воды производственно-технического назначения (кроме морской), воды отопительной системы, хозяйственной воды, холодной и конденсационной воды, смеси воды с гликолем (гликоль до 40%) с рН6–9, температурой от 263 до 413К (от –10 до 140 °С), при давлении до 13 кгс/см, (температурой от 263 до 393К (от –10 до 120 °С), при давлении до 16 кгс/см) и других жидкостей, сходных с чистой водой по плотности, вязкости и химической активности, содержащих твердые включения в количестве не более 0,1% по объему и размером частиц не более 0,2 мм.

Вывод

Приведена классификация и обзор гидравлических насосов.

В работе предложена методика выбора и расчета насосов подачи и слива воды для системы управления технологическим водоснабжением цеха по производству цемента.

Библиографический список

1. Дмитриев Е. А., Моргунова Е. П., Комляшёв Р. Б. Насосы химических производств: учеб.-метод. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. 48 с.
2. Основные принципы подбора насосов. Расчет насосов. URL: www.ence-pumps.ru

УДК 004.896

Ю. В. Цыбульская

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ РОБОТОВ**

В современном мире активно развиваются методы формирования сложных адаптивных систем на основе мультиагентных технологий, применяющиеся для управления ансамблями (роями) роботов. Поэтому все больший интерес представляют группы мобильных роботов. Достоинства группового применения роботов очевидны. Во-первых, использование таких групп позволяет повысить качество выполнения поставленной задачи, сократить время ее выполнения. Во-вторых, это больший радиус действия, который достигается за счет рассредоточения роботов по всей рабочей зоне. Набор выполняемых функций расширяется за счет установки на каждого робота индивидуальных исполнительных устройств. А также за счет возможности перераспределения целей между роботами группы в случае выхода из строя некоторых из них, повышается вероятность выполнения задания. По этим причинам повышается эффективность роботов при групповом взаимодействии в ряде сложных задач специальной робототехники, таких как зондирование поверхности других планет, сборка сложных конструкций в космосе и под водой, участие в боевых, спасательных и обеспечивающих операциях, разминирование территорий и тому подобных [1].

Разработка мультиагентных робототехнических систем, состоящих из агентов, является наиболее актуальным направлением в групповом управлении, так как позволяет в дальнейшем исследовать технологии и методы более сложных мультиагентных систем. При этом возникают новые проблемы группового управления и коммуникации, связанные с организацией группового взаимодействия роботов. Существуют два способа управления группами роботов: централизованное и децентрализованное [2].

Централизованное управление – это такое управление, когда один из роботов является лидером, которому доступна информация о состоянии всех роботов группы и окружающей среды, а все остальные члены группы либо повторяют его движения, либо ориентируются на него (рис. 1).

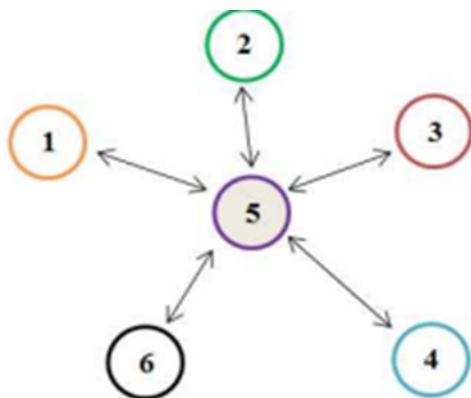


Рис. 1. Централизованное управление роботами

Децентрализованное управление предполагает полное отсутствие общего устройства, необходимого для связи в группе. В такой схеме коммуникации проис-

ходит постоянное двухстороннее взаимодействие между роботами, либо возможна смена временного лидера. Сложность реализации децентрализованной сети заключается в отсутствии центрального элемента сети, через который можно передавать сообщения и хранить в нем адреса всех других роботов (узлов сети), поэтому каждый узел может посылать сообщения только узлам «соседям», которые находятся в зоне видимости этого узла в текущий момент времени (рис. 2).

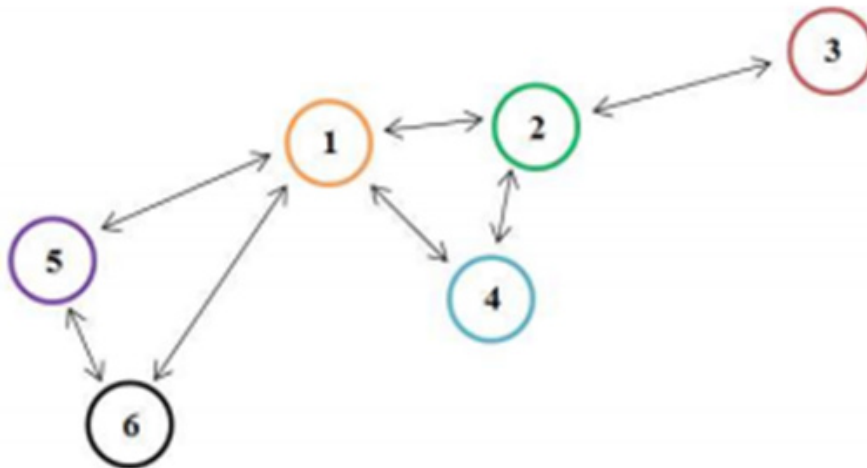


Рис. 2. Децентрализованное управление роботами

Оба вида управлений имеют ряд достоинств и недостатков. Множество исследований были посвящены сравнению их эффективности в решении различных практических задач. Обобщенным выводом данных изысканий является то, что каждая задача требует своей реализации, единого эффективного вида управления не существует.

Централизованная схема управления реализует контроль над системой из единого центра, что позволяет синхронизировать все процессы во времени. Но в состав современных систем мобильного управления могут входить сотни подсистем, распределенных в пространстве и асинхронно функционирующих во времени, но выполняющих одну и ту же задачу. Во многих случаях требуется высокая надежность и отказоустойчивость системы. Эффективное управления подсистемами такой сложности не может быть реализовано центром управления. Такой способ приведет к замедленной реакции системы, снижению надежности. Поэтому актуален переход от централизованных к децентрализованным принципам управления, что позволит существенно повысить быстродействие, время восстановления и надежность. Однако широкое внедрение таких систем требует дальнейшего изучения.

Библиографический список

1. Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Управление роботами. 2000. 400 с.
2. Каляев И. А., Гайдук А. Р., Капустин С. Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 280 с.

УДК 620.9

А. А. Чайников

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ
SMART GRID ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ**

В развитии электротехнической отрасли, как инфраструктурной базы для развития экономики, заинтересованы все экономические агенты: домашнее хозяйство, государство и бизнес. Несмотря на падение спроса на электроэнергию последние два десятилетия в США, Австралии и Европе, спрос на услуги и товары, по данным Международного энергетического агентства (МЭА), удваивается каждые 20 лет.

Все страны нуждаются не только в бесперебойных источниках энергии, но и в снижении потерь на линиях электропередач. Если в странах Запада на данный момент потери электроэнергии составляют от 4% до 8%, то в России, согласно данным МЭА за 2014 г. – 10,14%, по оценкам российских экспертов – 13–14%, в некоторых электросетях до 30% [3].

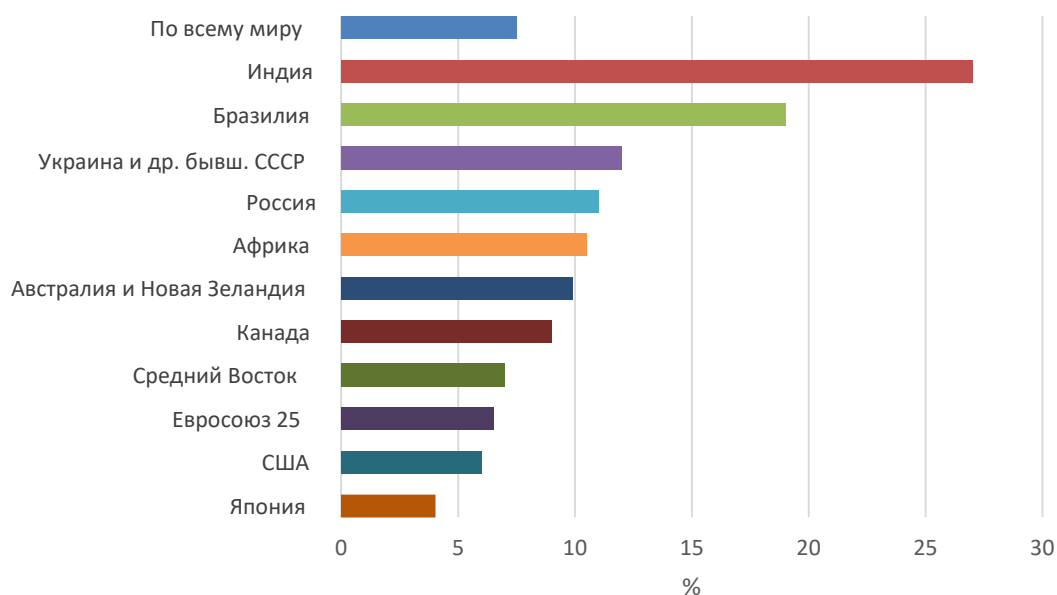


Рис. 1. Потенциал сокращения потерь электроэнергии в сетях

Один из путей решения проблем в электроэнергетической отрасли видится в инновационном развитии мировой и российской энергетики на основе внедрения Smart Grid сетей – интеллектуальной энергосистемы. На данный момент предполагается, что внедрение интеллектуальных сетей ведет к повышению энергоэффективности и надежности производства, к снижению потерь электрической энергии при передаче по линиям электропередач, сокращению выбросов углекислого газа, к снижению времени аварийного отключения, выявлению хищений электроэнергии. Система функционирует в реальном времени и конечной целью является достижение максимальной эффективности каждого элемента энергосистемы. Концепция Smart Grid ставит перед собой сложные задачи, поэтому создание такой системы, в первую очередь, требует установки достаточного (иногда, весьма

немалого) количества «умных» измерительных устройств (Smart Metering) и модернизации существующих электрических сетей, требует весьма серьезных затрат времени и финансов.

В «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» одним из главных приоритетов является создание электросетей нового поколения (Smart Grid сетей). Развитие и модернизация «интеллектуальных сетей», децентрализованной генерации закреплены в качестве приоритетов в «Энергетической стратегии России на период до 2035 года» [2].

Однако многие отечественные эксперты полагают, что использование термина «Smart Grid» в национальных программах по модернизации и реконструкции электросетей не имеет большого смысла, так как потребуется не один десяток лет, чтобы их реализовать, в течение которых технологии и техника кардинально изменятся. В данный момент времени есть смысл рассматривать лишь некоторые элементы концепции Smart Grid. С экономической точки зрения существуют риски, что денежные средства будут вкладываться в изначально неэффективные технологии, и на выходе получится старая система с небольшими улучшениями.

Таблица 1

Эффект от внедрения Smart Grid технологий в энергосистему (США) [1]

Параметры	2000 г.	2025 г.		
	Базис	Энергосистема без Smart Grid (1-й сценарий)	Энергосистема на базе Smart Grid (2-й сценарий)	Отношение показателей сценария 2 к сценарию 1, %
Потребление электроэнергии (млрд кВт·ч)	3,800	5,800	4,900–5,200	10–15, снижение
Энергоемкость ВВП (кВт·ч/долл. ВВП)	0,41	0,28	0,20	29, снижение
Снижение спроса в пиковую нагрузку (%)	6	15	25	66, рост
Выброс CO ₂ (млн т. углерода)	590	900	720	20, снижение
Уровень роста производительности (%/год)	2,9	2,5	3,2	28, рост
Реальный ВВП (млрд долл.)	9,200	20,700	24,300	17, рост
Размер экономического ущерба бизнеса (млрд долл.)	100	200	20	90, снижение

Результаты исследования, которые были проведены EPRI (Electric Power Research Institute, USA), показали, что модернизация сегодняшней энергосистемы

в энергосистему на базе Smart Grid технологий приведет к многочисленным положительным эффектам.

EPRI оценивает дополнительную выручку энергосетевых компаний в размере 1,79 млрд долл. к 2020 г., за счет более надежной и эффективной сети.

На данный момент в России поэтапная реализации проектов по внедрению интеллектуальных сетей подразумевает:

1. Локальное внедрение элементов Smart Grid: запуск пилотных проектов, мониторинг реализованных проектов за рубежом и перенятие опыта.

2. Развитие отечественных разработок, что предполагает включение России в мировые процессы развития технологий в тех областях, где у нас есть конкурентные преимущества перед остальными участниками рынка.

3. Внедрение положений концепции Smart Grid в рамках национальной стратегической программы развития электроэнергетической отрасли.

По данным ИНЭИ РАН (Институт энергетических исследований РАН) реализации основных мероприятий по построению интеллектуальных сетей в России позволит снизить объем установленной мощности более чем на 10% (на 34 Гвт), а относительных уровень потерь в электросетях уменьшится до 8% к 2030 г.

Таблица 2

Общесистемные эффекты внедрения элементов концепции Smart Grid

Элемент интеллектуальной энергосистемы	Результат общесистемного эффекта
Управление спросом	Позволяет изменять режим потребления электроэнергии, тем самым снижает пиковые нагрузки и уплотняет график энергопотребления
Управление потерями энергии при транспортировке и распределении	Сокращают нагрузочные потери за счет новых типов проводов и силового оборудования
Управление пропускными способностями сетей	Обеспечивают увеличение перетоков мощности энергии за счет внедрения гибких передач и систем мониторинга качества
Контроль генерации	Позволяет добиваться эффективного совместного использования крупной и распределенной генерации
Управление надежностью и качеством энергии	Позволяют на высоком уровне поддерживать безопасность электросетевого комплекса, оперативно решать аварийные ситуации, повышать качество поставляемой энергии; помогают потребителям снижать экономические потери по причине упущенной выгоды, порчи ресурсов, оборудования и сопутствующих материалов

Поэтапная модернизация электросетевой отрасли в России путем внедрения базовых элементов концепции Smart Grid, позволит снизить капитальные затраты на построение новых электростанций, а также сопутствующих объектов по выдаче мощности к 2030 г.

На данный момент в России уже успешно реализованы пилотные проекты на базе концепции Smart Grid. Например, в рамках федеральной программы «Считай, экономь, плати» в г. Пермь был реализован проект в области установки «умных» счетчиков электроснабжения.

Главной задачей данного проекта было выработать типовое решение на основе Smart Metering технологий с возможностью удаленного снятия показаний приборов и анализа электропотребления для дальнейшей ее экономии. Такая технология позволит жильцам управлять объемом и стоимостью потребления.

В течение 2011–2013 гг. на территории Мотовилихинского района г. Перми было установлено порядка 50000 «умных» счетчиков в жилых и частных домах, у юридических лиц, а также на вводах более 1500 домов.

Все счетчики были объединены в автоматизированную измерительно-информационную систему. Такая система позволит осуществлять дистанционный мониторинг сети в режиме реального времени, снизить потери электроэнергии и увеличить собираемость оплат, а также вовлечь потребителей в процесс энергосбережения.

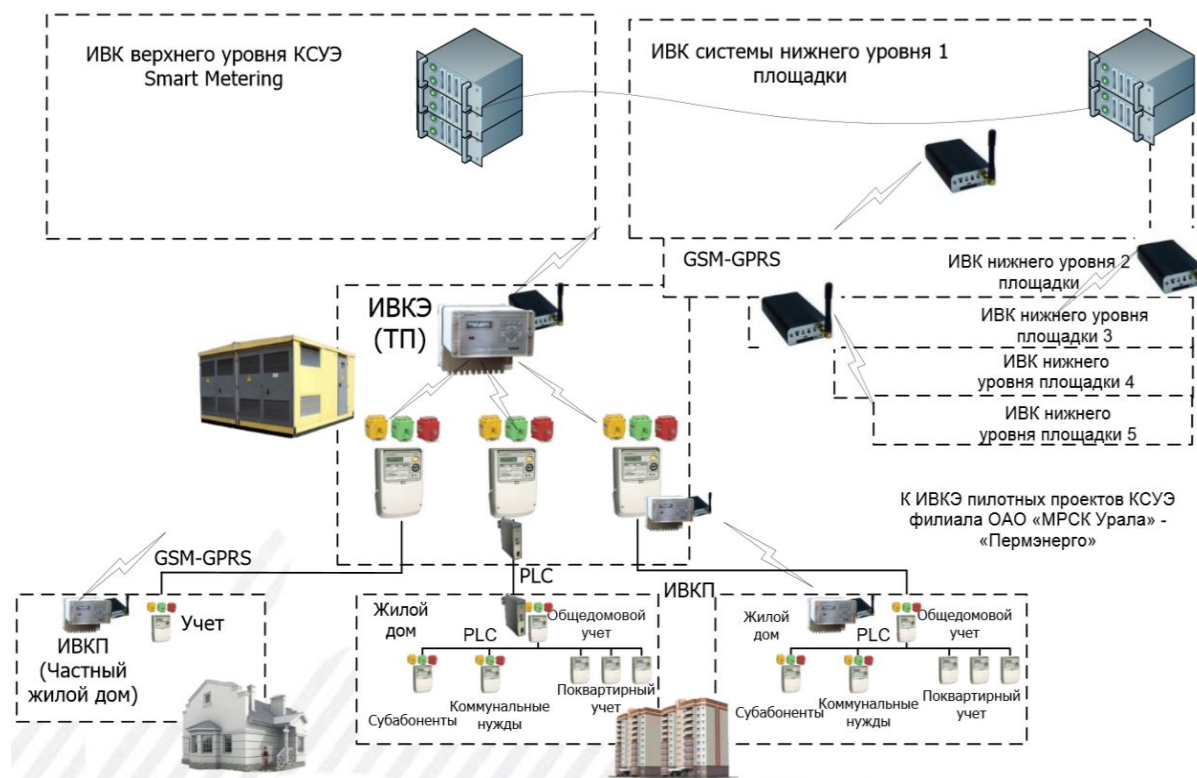


Рис. 2. Принцип построения системы Smart Metering в г. Пермь

Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АС-КУЭ) на базе Smart Metering технологий поэтапно строится из систем «нижнего» уровня (локальных систем поставщиков приборов учета), которые интегрированы в ИВК (информационно-вычислительный комплекс) «верхнего уровня». Данные с «нижнего» на «верхний» уровень передаются с помощью GSM/GPRS сигнала.

Создание ИВК «верхнего» уровня позволит заменить технологические и функциональные процессы ИВК «нижнего» уровня, т. е. избежать необходимости работы в пяти различных базах данных систем «нижнего» уровня.

Эффект от реализации проекта:

- общая стоимость проекта Smart Metering в г. Пермь составила 353 млн. руб. (без учета затрат на интеграцию);
- средняя стоимость одной точки учета в рамках проекта – 7 тыс. руб;
- сокращение потерь на 3,8 млн кВт ч. ежемесячно за счет точного учета и полного «охвата» потребителей;
- срок окупаемости составил 4,5 года.

Из всего изложенного можно сделать вывод: внедрение отдельных элементов концепции Smart Grid позволит существенно повысить уровень экономической эффективности электросетевого комплекса энергетической отрасли в России.

Библиографический список:

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О., Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid М., 2010. 43 с.
2. Распоряжение Правительства РФ от 18 марта 2015 года № ДМ-П9-24пр «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года».
3. Статистические данные Международного энергетического агентства. URL:<http://www.iea.org/statistics/> (дата обращения: 17.02.2018).

УДК 629.765

А. Г. Черняев

студент Самарского национального исследовательского университета им. академика С. П. Королева

БОРТОВАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЮ РАКЕТЫ

C'Space – это международного уровня мероприятие по запуску ракет больших, малых, а также по сбросу атмосферных зондов из ракет и с аэростатов. Команда Самарского университета участвует в C'Space в секции больших ракет. В рамках сотрудничества с ISAE (г. Тулуза) команда строит ракеты для вывода атмосферных зондов французских и собственного производства на высоту до 2 км. Ракета выполнена с применением композитных материалов. С учетом массы и предела высоты выбран двигатель PRO-75 3G [1,2]. Конструкция ракеты представлена на рис. 1.

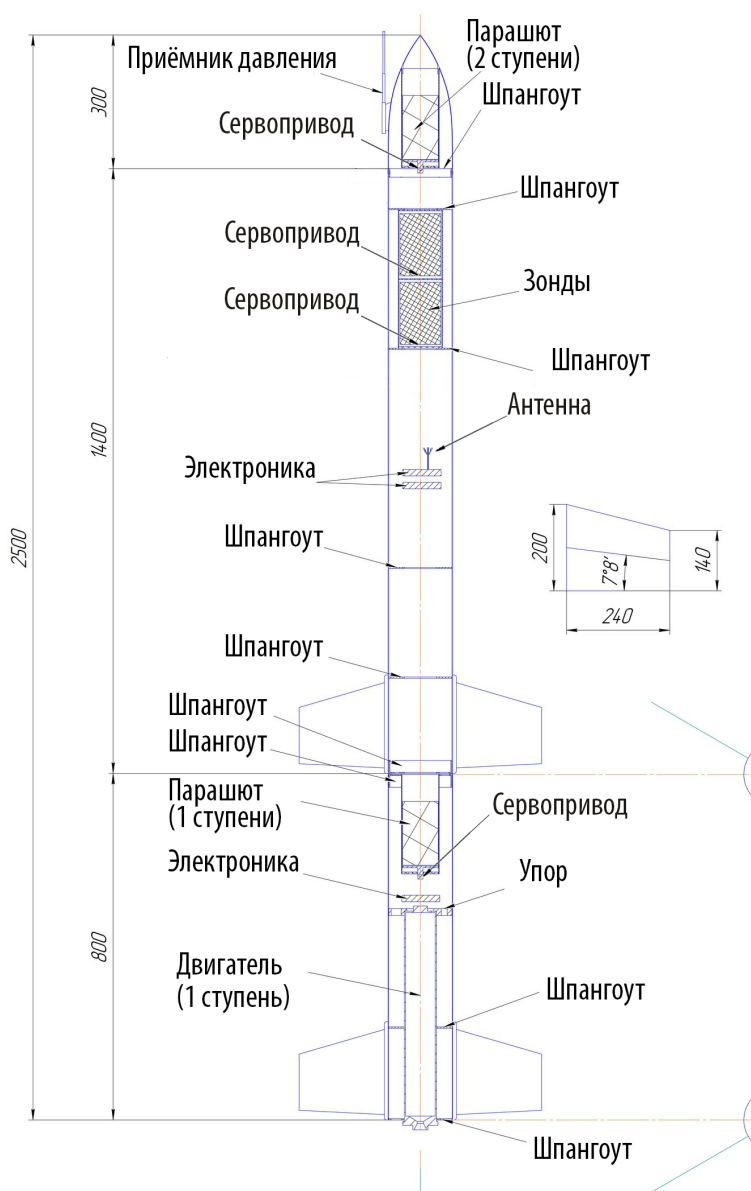


Рис. 1. Компоновка ракеты

В соответствии с техническим заданием спроектирована бортовая система сбора данных и управления моделью ракеты. Система представляет из себя комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для измерения параметров полета, управления исполнительными механизмами и передачи информации через трансивер. Заложены возможности дальнейшего расширения функциональности.

Спроектирована бортовая система сбора данных и управления моделью ракеты. Данная система построена на основе двух уже существующих бортовых систем сбора данных и управления моделями ракет TSR 1.0 (2015 г.) и TSR 1.1 (2016 г.), в создании которых автор принимал участие. Указанные версии бортовых систем прошли апробацию в рамках запусков ракет (форум C'Space 2015, 2016, полигон военной базы Camp de Ger, Франция). Тема разработки бортовой система сбора данных и управления моделью ракеты затрагивается автором в публикации [1].

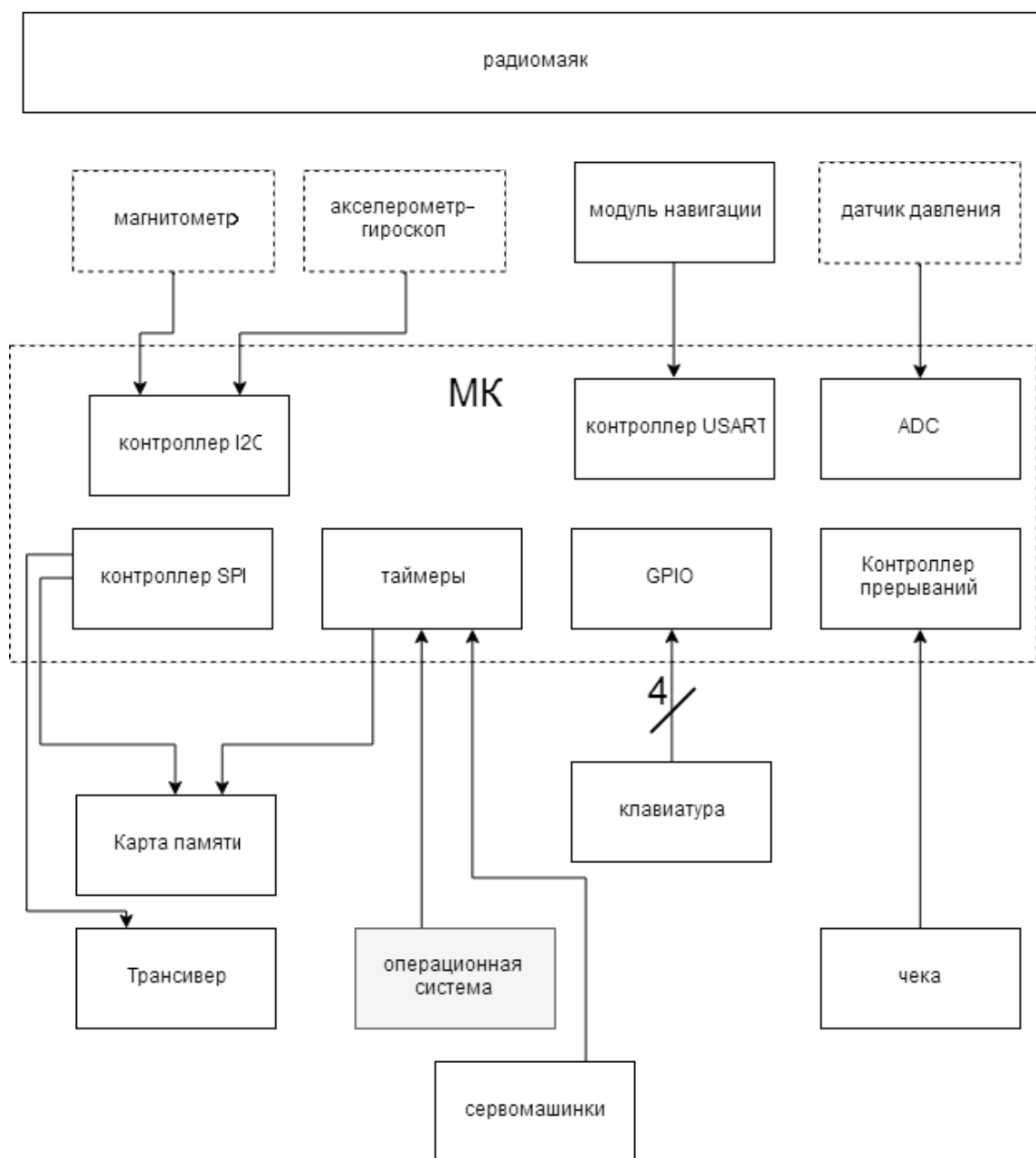


Рис. 2. Структурная организация бортовой системы

В качестве альтернативы разрабатываемой системы можно назвать полетный контроллер. Основное отличие заключается в том, что в полетном кон-

троллере подразумевается дистанционное управление, модель ракеты же автономна.

Бортовая система строится на основе микроконтроллера. Структурная схема системы приведена на рис. 2.

В работе проведен анализ существующих периферийных модулей, выбраны наиболее подходящие с технической точки зрения, а также из соображений доступности и разумной экономии. Рассмотрены алгоритмы работы с каждым из периферийных устройств.

С картой памяти (функция черного ящика) взаимодействие осуществляется по SPI интерфейсу с помощью сервиса FatFS [3].

С сервомашинками (исполнительные механизмы) – с помощью сигнала ШИМ.

С клавиатурой (ручное управление сервомашинками) и бинарным датчиком начала движения ракеты – опросом состояние GPIO.

С датчиком дифференциального давления (приборная скорость) – с помощью АЦП; построена математическая модель преобразования дифференциального давления в приборную скорость на основе уравнения Эйлера [4].

С модулем местоположения взаимодействие осуществляется по UART по протоколу NMEA [5].

При реализации масштабного проекта бортовой системы сбора данных и управления моделью ракеты было выявлено, что алгоритм становится слишком сложным и дальнейшее развитие оказывается довольно трудной задачей. Значительно упрощает ситуацию применение операционной системы [6]. Для точного решения поставленных перед бортовой системой задач необходима операционная система реального времени. В работе рассмотрены некоторые основные возможности, предоставляющиеся с применением операционных систем при программировании микроконтроллеров, обусловлен выбор операционной системы реального времени FreeRTOS.

В процессе был проведен системный анализ объекта, разработана структурная схема системы. При ее разработке предложено использовать последовательные интерфейсы и интеллектуальные средства ввода-вывода информации. Анализ алгоритмов обработки показал, что с увеличением количества периферийных устройств и исполнительных устройств необходимо применение операционной системы реального времени FreeRTOS. Выбраны технические средства для реализации системы. Разработано ПО, написанное на языке высокого уровня Си с использованием компилятора GCC. Модель системы, состоящая из основных, базовых элементов, отлажена в среде моделирования Proteus. В процессе моделирования доказана работоспособность основных компонентов и ПО в целом. Результаты могут быть использованы в проектах одноступенчатых ракет и во вторых ступенях ракет типа TSR.

Библиографический список

1. Черняев А. Г. Электроника студенческой ракеты // Приборостроение в XXI веке – 2016. Интеграция науки, образования и производства: сб. матер. XII Международ. науч.-техн. конф. (Ижевск, 23–25 нояб. 2016 г.). Ижевск: Изд-во ИжГТУ им. М. Т. Калашникова, 2017. С. 121–130.

2. Ракетный двигатель высокой мощности // Cesaroni technology. URL: <http://www.pro38.com/products/pro75/motor/MotorData.php?prodid=2486K510-P> (дата обращения: 14.11.2016).

3. Chan. License // Elm-chan – Электрон. дан., 2017. URL: <http://elm-chan.org/fsw/ff/en/appnote.html#license> (дата обращения: 03.03.2017).

4. Петунин А. Н. Методы и техника измерений параметров газового потока. М.: Машиностроение, 1972. 332 с.

5. Применение модулей приемников ML8088sE Управление приемником Рекомендации по применению // НАВИА – Электрон. дан., 2016. URL: http://naviglonass.ru/wp-content/uploads/ML8088sE_AppNote1_0.pdf (дата обращения: 01.06.2017).

6. Чуфырев А. Е. Технический обзор особенностей операционной системы реального времени TI-RTOS // *Juvenis scientia*. 2016. № 1. С. 3–7.

УДК 004.04.042

Е. О. Черских

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. И. Савельев – кандидат технических наук, старший преподаватель– научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА МАДЖВИКА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ГИРОСКОПА-АКСЕЛЕРОМЕТРА

Введение

Измерение ориентации в пространстве является очень важным в робототехнике и навигации. Одной из задач в этой области является улучшение показания приборов, так как гироскоп имеет дрейф и возвращаемые значения являются ошибочными. Акселерометр возвращает истинные значения, но они подвержены колебаниям, потому что возвращенные значения угла не являются верными. Для устранения таких ошибок используются различные фильтры: Калмана, Комплементарный и фильтр Маджвика. Реализация фильтра Калмана является очень сложной: фильтр должен вычислять коэффициенты матриц, ошибки измерения, что довольно не легко. Еще один недостаток известного фильтра Калмана – низкая пропускная способность и высокая чувствительность к неточностям статистического описания каналов фильтрации измерений [1]. Комплементарный фильтр предпочтителен в том случае, когда вычисления просты, а низкая мощность и низкая стоимость имеют первостепенное значение. Интересно, что комплементарный фильтр не учитывает стохастическое описание шума, что приводит к потере производительности [2]. Кроме того, по результатам теста сравнения фильтров ошибка фильтрации для Калмана значительно меньше, чем для комплементарного [3].

Измерительная инерциальная установка, состоящая из гироскопов и акселерометров, полностью автономна и позволяет отслеживать вращательные и поступательные движения в трех измерениях, для чего требуются трехосные датчики, состоящие из трех взаимно ортогональных осей. Гироскоп – измеряет угловую скорость, которая, при известных начальных условиях, может быть объединена со временем для расчета ориентации. Акселерометр – измеряет проекцию кажущегося ускорения, разницу между истинным ускорением объекта и гравитационным. Но большинство точных приборов, измеряющих положение в пространстве дороги, имеют большой объем, что подойдет не для всех проектов. Исходя из требований цены, размеров и качества измерений был выбран гироскоп-акселерометр GY-521, на одной микросхеме MPU6050 имеющий гироскоп на три координаты, акселерометр на три координаты и датчик температуры.

Фильтр Маджвика дает результат лучший, чем применение фильтра на основе метода Калмана в результатах и производительности. В статье рассмотрен этот фильтр, как лучший из всех представленных устраняющий шум, дрейф нуля и накопление ошибок вследствие измерений.

Работа фильтра Маджвика

Отличием фильтра Маджвика от иных фильтров является то, что он работает непосредственно с кватернионами, четырехмерными комплексными числами, которые могут быть использованы для представления ориентации остроконечного тела или координат в трехмерном пространстве. Они позволяют использовать данные акселерометра для вычислений методом градиентного спуска и описыв-

вают действие – поворот вокруг оси на заданный угол. Достоинствами фильтра являются: простота вычислений (109 операций), эффективность при низких частотах дискретизации и содержание одного настраиваемого параметра.

Трехосевой гироскоп GY-521 измеряет угловые скорости относительно осей X, Y, Z в системе отчета датчика, и если эти значения преобразовать в кватернион $s_w = [0 w_x w_y w_z]$, то кватернион, описывающий скорость в системе отчета Земли к системе отчета датчика может быть вычислен так: ${}^S_E q = \frac{1}{2} {}^S_E q \otimes s_w$. Ориентация в глобальной системе отчета по отношению к локальной системе отчета датчика в момент t это ${}^E_S q_{w,t}$, может быть вычислена путем численного интегрирования кватернионов производных ${}^S_E \dot{q}_{w,t}$, так как описано в уравнениях (1) и (2), при условии, что начальная ориентация в пространстве известна.

$${}^S_E \dot{q}_{w,t} = \frac{1}{2} {}^S_E \hat{q}_{est,t-1} \otimes s_{w_t}; \quad (1)$$

$${}^S_E q_{w,t} = {}^S_E \hat{q}_{est,t-1} + {}^S_E \dot{q}_{w,t} \Delta, \quad (2)$$

где s_{w_t} – угловая скорость, измеренная датчиком в момент времени t ; Δt – задержка между измерениями (период дискретизации); ${}^S_E \hat{q}_{est,t-1}$ – предыдущий результат оценки ориентации. Индекс w указывает, что кватернион вычисляется из угловых скоростей.

Метод градиентного спуска является одним из самых простых в вычислениях и реализации. Уравнение (3) описывает этот метод для многократно повторяющихся действий в результате оценки ориентации ${}^S_E q_{n+1}$ на основе начального приближения ${}^S_E q_0$ и размера шага μ .

$${}^S_E q_{k+1} = {}^S_E \hat{q}_k - \mu \frac{\nabla f({}^S_E q_k, {}^E \hat{d}, {}^S \hat{s})}{\nabla f({}^S_E q_k, {}^E \hat{d}, {}^S \hat{s})}, k = 0, 1, 2 \dots n; \quad (3)$$

$$\nabla f({}^S_E q_k, {}^E \hat{d}, {}^S \hat{s}) = J^T ({}^S_E q_k, {}^E \hat{d}) f({}^S_E q_k, {}^E \hat{d}, {}^S \hat{s}). \quad (4)$$

Уравнение (4) вычисляет градиент поверхности решений, определяемой целевой функцией и ее Якобиан, определяемый в уравнениях (5) и (6).

$$f({}^S_E q_k, {}^E \hat{d}, {}^S \hat{s}) = \begin{bmatrix} 2d_x \left(\frac{1}{2} - q_3^2 - q_4^2 \right) + 2d_y (q_1 q_4 + q_2 q_3) + 2d_z (q_2 q_4 - q_1 q_3) - s_x \\ 2d_x (q_2 q_3 - q_1 q_4) + 2d_y \left(\frac{1}{2} - q_2^2 - q_4^2 \right) + 2d_z (q_1 q_2 + q_3 q_4) - s_y \\ 2d_x (q_1 q_3 + q_2 q_4) + 2d_y (q_3 q_4 - q_1 q_2) + 2d_z \left(\frac{1}{2} - q_2^2 - q_3^2 \right) - s_z \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$$J({}^S_E \hat{q}_k, {}^E \hat{d}) = \begin{bmatrix} 2d_y q_3 + 2d_z q_4 & -4d_x q_3 + 2d_y q_2 - 2d_z q_1 \\ 2d_x q_3 - 4d_y q_2 + 2d_z q_1 & 2d_x q_2 + 2d_z q_4 \\ 2d_x q_4 - 2d_y q_1 - 4d_z q_2 & 2d_x q_1 + 4d_y q_4 - 4d_z q_3 \end{bmatrix}$$

$$\left. \begin{array}{ll} -4d_x q_3 + 2d_y q_2 - 2d_z q_1 & -4d_x q_4 + 2d_y q_1 + 2d_z q_2 \\ 2d_x q_2 + 2d_z q_4 & -2d_x q_1 - 4d_y q_4 + 2d_z q_3 \\ 2d_x q_1 + 4d_y q_4 - 4d_z q_3 & 2d_x q_2 + 2d_y q_3 \end{array} \right\}. \quad (6)$$

Уравнения описывают вид алгоритма, изначально ориентированного в любом направлении, но если направление поля считается только в одной или двух осях, то уравнение упрощается [5].

Дрейф нуля гироскопа происходит при изменении температур, движения и с течением времени временем. В [4] показано, что дрейф нуля гироскопа также может быть скомпенсирован простыми фильтрами ориентации, представляя его как часть ошибки от скорости изменения ориентации.

Фильтр был протестирован с использованием GY-521 и Arduino 101.

Сырые данные с датчика были обработаны Arduino, чтобы откалибровать данные датчика и выход фильтра на основе Калмана. Затем откалиброванные данные обрабатываются с помощью алгоритма Маджвика. Изначально датчик должен находиться в состоянии покоя для того, чтобы осуществилась калибровка, после чего датчик поворачивали вокруг каждой из осей на 90° , на 180° в противоположном направлении, потом на 90° . Датчик возвращается в исходное положение.

По результатам визуализации было выявлено более плавное поведение модели, когда использовался фильтр Маджвика. При использовании фильтра Калмана – более резкие движение, небольшой дрейф нуля.

Заключение

В статье приведен пример работы недорогого гироскопа-акселерометра с фильтром Себастьяна Маджвика, с помощью которого снижена вычислительная нагрузка. Сделана визуализация GY-521 с помощью Processing, из которой видно более плавное поведение модели в сравнении с фильтром Калмана. Фильтр Маджвика является простым в реализации и настройке, может работать в условиях ограниченной вычислительной мощности.

Библиографический список

1. Barshan B., Durrant-Whyte H. F. Inertial navigation systems for mobile robots // *Robotics and Automation*. 1995. № 11. С. 328–342.
2. Brown R.G. Integrated navigation systems and Kalman filtering: A perspective // *Journal of the Institute of Navigation*. 1972. № 4. С. 355–362.
3. Морозов А. А., Гайниязов И. М. Сравнение алгоритмов фильтрации сырых данных для маркерной киберфизической системы захвата движений // *Молодой ученый*. 2017. № 16. С. 192–195.
4. Mahony R., Hamel T., Pflimlin J.-M. Nonlinear complementary filters on the special orthogonal group // *Automatic Control, IEEE Transactions on*. 2008. № 53. С. 1203–1218.
5. Sebastian O.H. Madgwick // *An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays*. 2010. 32 с.

УДК 621.314.6

Н. А. Чуфарин

студент кафедры управления в технических системах

А. А. Ефимов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель**ВЕКТОРНАЯ ШИМ В ТРЕХФАЗНОМ АКТИВНОМ ВЫПРЯМИТЕЛЕ ТОКА**

Использование в двухзвенном преобразователе частоты (ПЧ) с автономным инвертором тока (АИТ) активного выпрямителя тока (АВТ) решает вопрос формирования синусоидального входного тока ПЧ при двустороннем обмене энергией с сетью. Принципы реализации АВТ существенно отличаются от активного выпрямителя напряжения (АВН) и практически не освещены в литературе. Некоторые вопросы по использованию в АВТ ШИМ рассмотрены в [1,2].

Активный выпрямитель тока представляет собой 3-фазный мостовой выпрямитель с шестью полностью управляемыми ключами с односторонней токовой проводимостью, который работает в режиме регулируемого источника постоянного тока с активным формированием тока, потребляемого от источника переменного напряжения. Выпрямитель обеспечивает регулирование напряжения ниже значения напряжения для неуправляемого трехфазного мостового выпрямителя и работает при неизменном направлении выпрямленного тока, однако допускает изменение полярности и регулирование выпрямленной ЭДС.

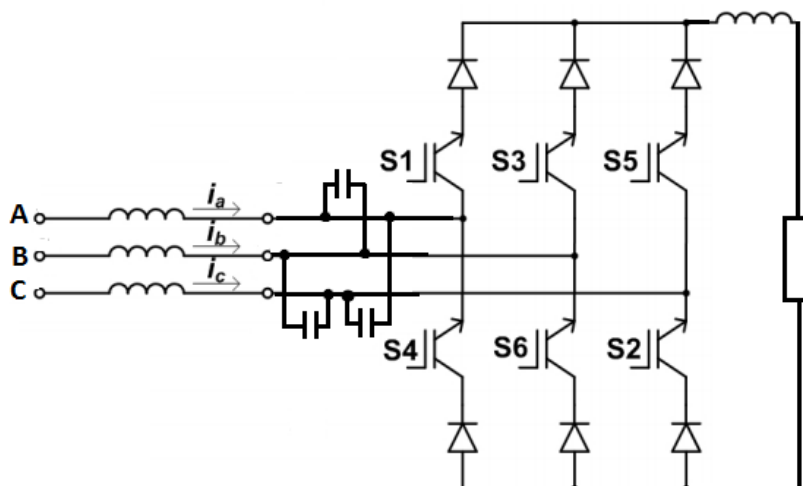


Рис. 1. Принципиальная схема ключей АВТ

Система ШИМ тока с использованием нулевых образующих векторов, допускает 9 состояний ключей, другими словами существует 9 комбинаций включения 6 ключей выпрямителя, причем всегда 2 ключа находятся в активном состоянии, а остальные 4 переключателя неактивны. Все возможные состояния приведены в табл. 1.

Используя преобразование Кларка, все комбинации входных токов могут быть преобразованы в $\alpha\beta$ систему координат

$$i_{\alpha} = \frac{2}{3} \left(i_a - \frac{1}{2} i_b - \frac{1}{2} i_c \right); \quad (1)$$

$$i_{\beta} = \frac{2}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} i_b - \frac{\sqrt{3}}{2} i_c \right) \quad (2)$$

Возможные состояния ключей выпрямителя

Состояние	S1	S2	S3	S4	S5	S6	i_a	i_b	i_c
1	1	1	0	0	0	0	I_{dc}	0	$-I_{dc}$
2	0	1	1	0	0	0	0	I_{dc}	$-I_{dc}$
3	0	0	1	1	0	0	$-I_{dc}$	I_{dc}	0
4	0	0	0	1	1	0	$-I_{dc}$	0	I_{dc}
5	0	0	0	0	1	1	0	$-I_{dc}$	I_{dc}
6	1	0	0	0	0	1	I_{dc}	$-I_{dc}$	0
7	1	0	0	1	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	1	0	0	0
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Каждое состояние преобразователя определяется парой $\alpha\beta$ -компонентов, которые определяют текущий пространственный вектор. Возможные шесть векторов создают шестиугольник в системе отсчета и делят его на шесть секторов, которые показаны на рис. 1. Все возможные эталонные комбинации $\alpha\beta$ -токов должны составлять шестиугольник [3].

Все образующие векторы описываются следующими математическими выражениями:

$$\vec{I}_k = \frac{2}{\sqrt{3}} I_{dc} \cdot e^{j(2k-1)\frac{\pi}{6}}, \quad k = 1, \dots, 6 \quad (3)$$

$$\vec{I}_k = 0, \quad k = 7, 8, 9 \quad (4)$$

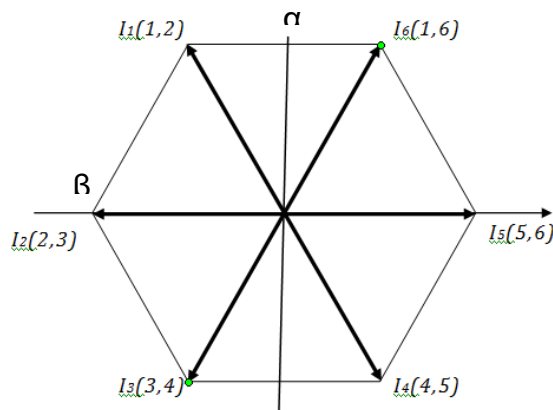


Рис. 2. Векторная диаграмма

Все остальные комбинации токов должны быть созданы с использованием комбинации этих доступных состояний преобразователя. Метод пространственной векторной модуляции основан на том, что каждый текущий вектор внутри шестиугольника может быть выражен как средневзвешенная комбинация двух смежных активных пространственных векторов и нулевого вектора. Таким образом, в каждом цикле модуляции желаемый вектор тока может быть достигнут за счет перехода между этими тремя состояниями преобразователя. Чтобы получить минимальную частоту коммутации для каждого из силовых ключей, последовательность состояний должна быть такой, чтобы переход от одного состояния к другому выполнялся путем переключения только одной фазы преобразователя. Это условие определяет, какой нулевой вектор будет использоваться в данном

секторе, и его можно найти в табл. 3. Результат состоит в том, что на каждый сектор есть переключатель, включающийся во время прохождения вектора через него [3].

Сутью этой стратегии является вычисление как активного, так и нулевого состояния для каждого цикла модуляции. Они могут быть рассчитаны путем выравнивания приложенного среднего напряжения до требуемого опорного значения.

В конечном итоге задача определения длительностей реализаций образующих векторов сводится к решению уравнений:

$$\vec{I}_{cp} = \tau_{<} \vec{I}_{<} + \tau_{>} \vec{I}_{>} + \tau_0 \vec{I}_0; \tag{5}$$

$$\vec{I}_{cp} = \vec{I}^*, \tag{6}$$

при соблюдении условий

$$\tau_{<} + \tau_{>} + \tau_0 = 1; \tag{7}$$

$$0 \leq \tau_{<} \leq 1; 0 \leq \tau_{>} \leq 1; 0 \leq \tau_0 \leq 1 \tag{8}$$

При произвольном угле поворота задающего вектора решение задачи имеет вид:

$$\tau_{<} = \frac{I^* \sin(\theta_i^> - \theta_i^*)}{I \sin(\theta_i^> - \theta_i^<)}; \tag{9}$$

$$\tau_{>} = \frac{I^* \sin(\theta_i^* - \theta_i^<)}{I \sin(\theta_i^> - \theta_i^<)} \tag{10}$$

$$\tau_0 = 1 - (\tau_{>} + \tau_{<}) \tag{11}$$

где I^* , θ_i^* – длина и угол поворота задающего вектора; $\tau_{<}$, $\tau_{>}$ – относительные продолжительности реализации ненулевых образующих векторов, углы поворота которых имеют ближайшие меньшее $\theta_i^<$ и большее $\theta_i^>$ (либо равное) значения в сравнении с углом поворота задающего вектора; τ_0 – относительное время реализации нулевого вектора.

Продолжительности реализаций образующих векторов в течение 1 и 2 сектора показаны на рис. 3. В табл. 2 представлены рассчитанные значения $\tau_{<}$, $\tau_{>}$, τ_0 при значении фазы задающего вектора от 0° до 30° (в течение 1 сектора).

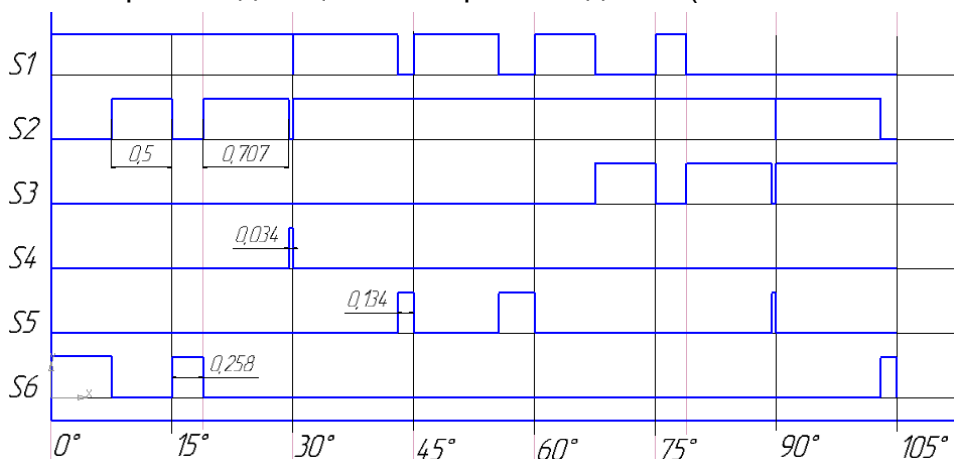


Рис. 3. Работа ключей АВТ в режиме ШИМ

Времена реализаций образующих векторов

Фаза, θ^*	$\tau_<$	$\tau_>$	τ_0
0°	S6(0,5)	S2(0,5)	0
15°	S6(0,258)	S2(0,707)	S4(0,034)
30°	S1(0,866)	0	S5(0,134)

Заключение

Векторная ШИМ позволяет полностью раскрыть потенциал трехфазных систем, вдобавок оптимизировать рабочие процессы по различным критериям. Стоит отметить векторный способ синтеза ШИМ имеет такие преимущества, как:

- Наглядность.
- Гибкость.
- Четкая структура.
- Удобство реализации в микропроцессорных системах.

В дальнейшем предполагается, используя рассмотренный в данной работе подход к формированию импульсов управления при реализации алгоритма векторной ШИМ, составить в среде MATLAB/Simulink моделирующую программу, позволяющую анализировать динамические и энергетические показатели работы трехфазной мостовой схемы активного выпрямителя тока.

Библиографический список

1. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург: УРО РАН. 2000. 654 с.
2. Щавелкин А. А. Преобразователь частоты на базе автономного инвертора тока // Техн. електродинаміка». Київ: ІЕД НАНУ. 2012. Ч. 4. С. 75–80.
3. Milan S. Adzic, Evgenije M. Adzic, Vladimir A. Katic. Space vector modulated Three-Phase Current Source converter for DC motor drive // EPE-PEMC. 2010. Pp. 52–59.

УДК 621.313

А. Р. Шабанова

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**МОБИЛЬНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЛЭП**

На сегодняшний день надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей является не только показателем уровня развития национальной экономики, но и жизни всего общества в целом. Несмотря на то, что за последние годы наблюдался незначительный рост использования электроэнергии, порядка 0,5–2,0% [1], в ближайшие 20 лет глобальное энергопотребление возрастет почти на 40–50% [2]. Как следствие этого увеличится протяженность электрических распределительных сетей и еще более остро встанет проблема планового обслуживания, инспектирования и предотвращения аварийных отключений линий электропередачи (ЛЭП), так как число отказов пропорционально длине ЛЭП. Россия является одной из стран, лидирующих по количеству потребляемой энергии, а также по протяженности снабжающих линий, однако существующая система мониторинга и диагностики состояния ЛЭП недостаточно эффективна, что иллюстрирует большое количество технологических нарушений, аварий и инцидентов. Поэтому появляется необходимость создания автоматизированной робототехнической системы инспектирования ЛЭП.

В настоящее время существует четыре вида контроля рабочего состояния линий: ручной осмотр, осмотр при помощи наземных транспортных средств, авиационная (бортовая) инспекция, а также робототехническое инспектирование [3]. Ручной осмотр включает в себя визуальную оценку состояния ЛЭП невооруженным глазом или с использованием телескопа без подъема и с подъемом на опоры. Данный метод является самым трудоемким, опасным, дорогостоящим и неточным. Использование автомобилей для инспектирования ЛЭП позволяет применять транспортное средство в качестве платформы для транспортирования контрольно-измерительной аппаратуры: GPS- и INS-приборов, лазерных датчиков и камер. Все это делает процесс проверки более гибким благодаря высокоэффективным инструментам точной оценки контролируемых параметров линии, однако данная технология осмотра применима для проверки ЛЭП только в городе. При бортовой инспекции в качестве несущей платформы используются вертолеты, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с неподвижным крылом и мультироторные БТЛА (мультикоптеры) (рис. 1) [4].

а)



б)



Рис. 1. Проведение аэровизуального инспектирования ЛЭП при помощи БПЛА с неподвижным крылом (а) и мультироторного БПЛА (б)

Беспилотные летательные аппараты имеют меньшую стоимость по сравнению с вертолетами, что является их преимуществом, но аппараты с фиксированным крылом пригодны лишь для грубой обзорной проверки, не предназначены для крупномасштабных задач, а также они не способны парить над землей. Мультикоптеры не имеют такого недостатка, однако оба типа БПЛА обладают низкой грузоподъемностью и ограниченным энергетическим ресурсом.

Зарубежный опыт контроля состояния ЛЭП за последнее десятилетие показал успешное применение роботов-инспекторов, передвигающихся по проводам (rolling on wires robots—RWR) [5]. Такие роботы перемещаются по одиночному токоведущему проводу фазы [6, 7] либо по грозозащитному тросу [8] (рис. 2), и большинство из них снабжены механизмами, позволяющими преодолевать такие препятствия, как ряды изоляторов, предупреждающие сферы, виброгасители и коронирующие кольца. Диагностика ЛЭП осуществляется при помощи камер высокого разрешения, лазерных и инфракрасных сенсоров.

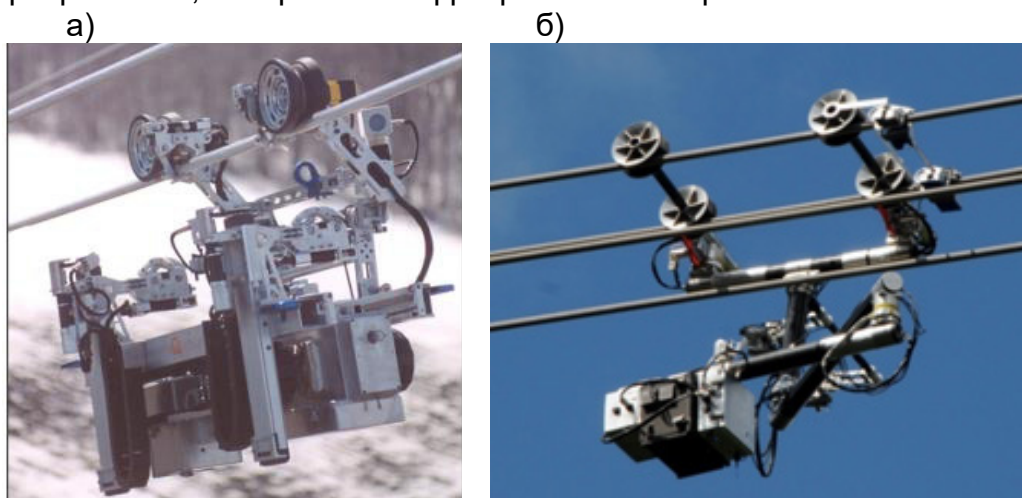


Рис. 2. Проведение инспектирования ЛЭП при помощи роботов LineScout (а) и Expliner (б)

К сожалению, в России пока не существует аналогичных устройств. В данной работе описано создание прототипа робототехнической системы для инспектирования состояния ЛЭП и предотвращения аварийных отключений участков проводящих линий. В частности, в рамках проекта решались вопросы проектирования механической части устройства, позволяющего перемещаться по проводу фазы ЛЭП, и создания системы зарядки мобильного робота. Для имитации пролета проводящей линии были спаяны две стойки опоры из полипропиленовых тройников, заглушек и труб диаметром 50 мм (рис. 3, а), через которые был протянут универсальный гибкий изолированный силовой трехжильный провод диаметром 20 мм в качестве одиночного токоведущего провода фазы. Крепление кабеля к опорам с обеих сторон осуществлялось при помощи гирлянд керамических изоляторов (рис. 3, б).

При анализе уже существующих робототехнических систем контроля были сформулированы следующие требования к создаваемому механизму:

- минимальная масса;
- высокая скорость передвижения;
- малые габариты;
- достаточное трение между колесами механизма и проводом фазы;
- устойчивость при движении.

При сборке корпуса робота использовались детали металлического конструктора ввиду их малой массы, доступности и возможности внесения измене-

ний в конструкцию. Робот передвигается с помощью четырех колес, которые зажимают провод фазы сверху и снизу. Это обеспечивает надежное крепление робота на проводящей линии, что особенно важно в условиях эксплуатации при воздействии природных факторов. Колеса приводятся в движение двумя двигателями постоянного тока, которые позволяют перемещаться в двух направлениях (рис. 4). В качестве источника питания был выбран свинцовый-кислотный аккумулятор Delta серии DT напряжением 12 В (2,2 А·ч) ввиду простоты его перезарядки, высокой плотности энергии, длительного срока службы и герметичности. Аккумулятор установлен симметрично двигателям относительно токоведущего провода, такое расположение комплектующих робота позволяет соблюдать равновесие и устойчивость при его движении по проводу.

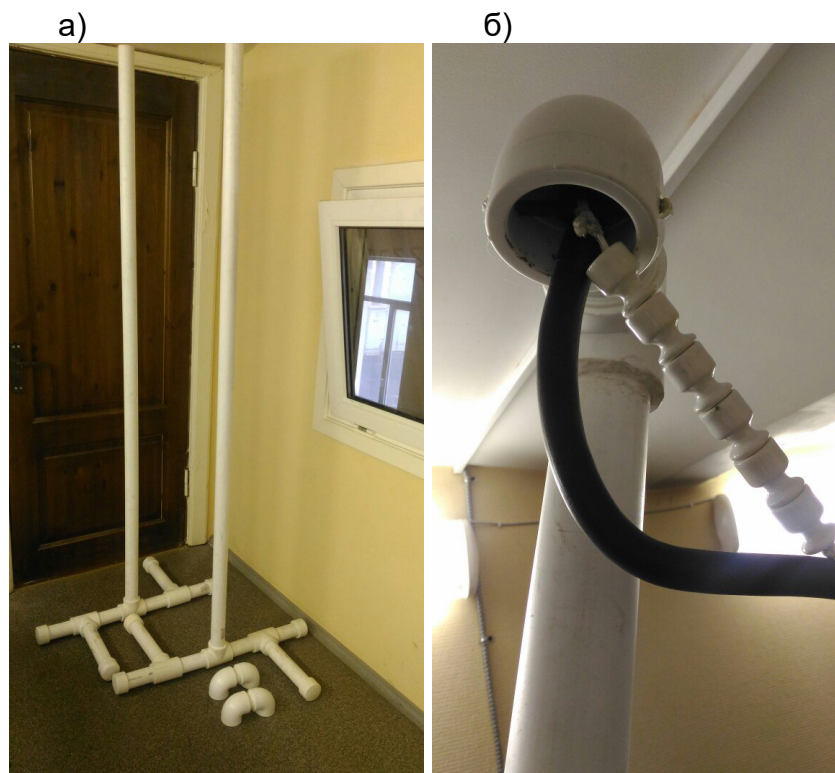


Рис. 3. Натурная модель ЛЭП: опоры ЛЭП (а) и крепление гирлянды изоляторов (б)

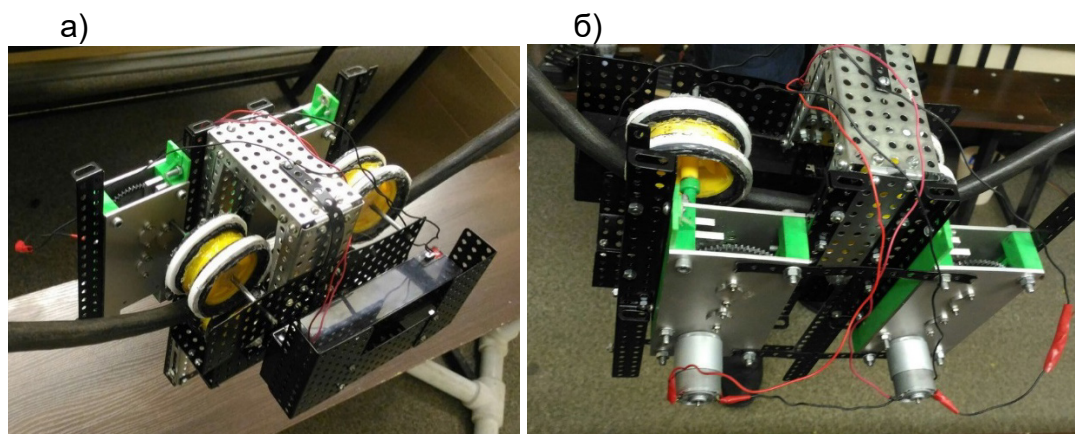


Рис. 4. Конструкция робота: крепление колес и аккумулятора (а) и крепление двигателей постоянного тока (б)

Лимит энергетического ресурса аккумулятора создает ограничение для применения робота, поэтому была создана такая система зарядки, которая позволила бы роботу функционировать неограниченное количество времени. Процесс подзарядки осуществляется от проводящей линии при помощи трансформатора тока. При его намотке были использованы тороидальный ферромагнитный сердечник, бумажная изоляция и медный провод с лаковой изоляцией (рис. 5).

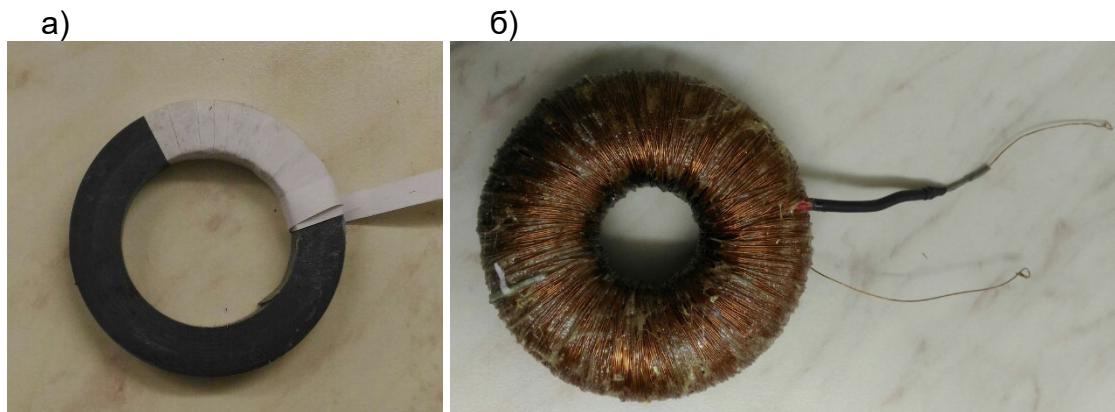


Рис. 5. Сердечник трансформатора тока (а) и трансформатор тока с обмоткой (б)

Однако при использовании трансформатора тока в результате процесса намагничивания стали напряжение вторичной обмотки непостоянно, что недопустимо для зарядки аккумулятора. Для решения данной проблемы была спроектирована схема стабилизации напряжения (рис. 6, рис. 7). Ядром схемы является интегральный регулируемый стабилизатор напряжения положительной полярности КР142ЕН12А, позволяющий питать устройства током 1,5 А в диапазоне напряжений от 1,2 В до 37 В. Данный тип стабилизатора имеет более высокую линейность характеристики по сравнению со стандартными фиксированными стабилизаторами и полную защиту от перегрузок, включающую внутрисхемное ограничение по току, защиту от перегрева и защиту выходного транзистора. Требуемое значение выходного напряжения 12 В достигается при помощи двух внешних навесных резисторов: постоянного $R_1 = 240 \text{ Ом}$ и переменного $R_2 = 22 \text{ кОм}$. Выходной конденсатор емкостью 100 мФ обеспечивает сглаживание переходных процессов.

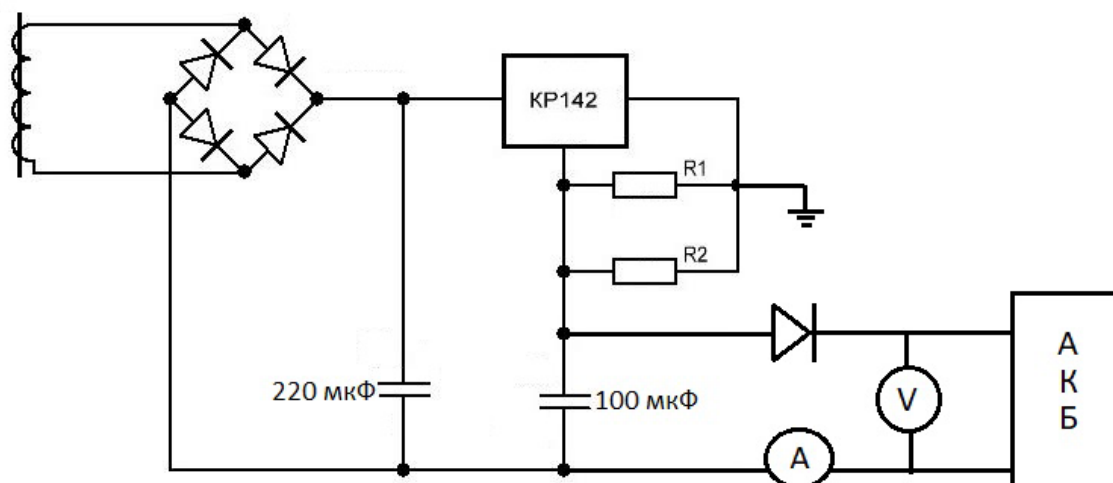


Рис. 6. Электрическая схема системы зарядки аккумулятора

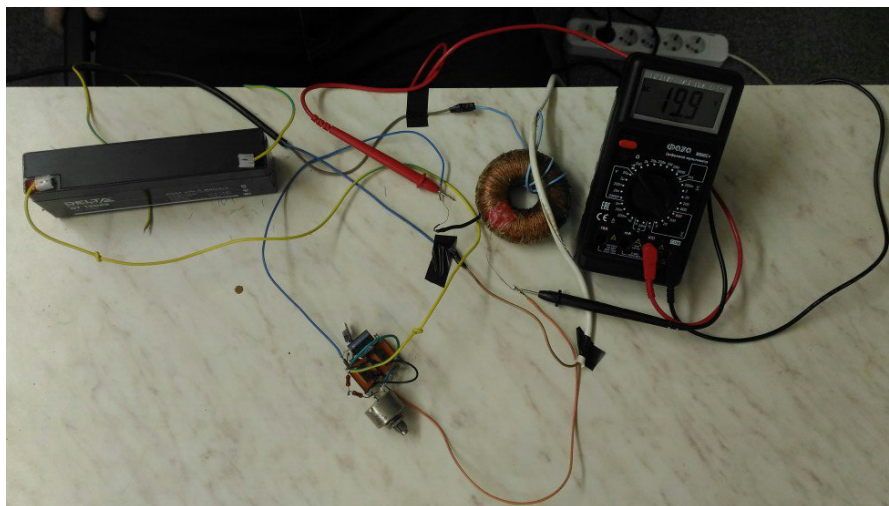


Рис. 7. Система зарядки аккумулятора робототехнической системы

Таким образом, в ходе работы над проектом были решены поставленные задачи по проектированию и реализации механической части робота и системы подзарядки для его автономного функционирования. В дальнейшем планируется интеграция схемы зарядки аккумулятора в готовую конструкцию, а также внедрение систем датчиков и видеонаблюдения.

Библиографический список

1. Статистический Ежегодник мировой энергетики 2017. Сайт yearbook.enerdata.ru.
2. Княгинин В.Н., Холкин Д.В. Цифровой переход в электроэнергетике России: экспертно-аналитический доклад. Центр стратегических разработок. М., 2017. 47 с.
3. Qin X. et al. A Novel Method of Autonomous Inspection for Transmission Line based on Cable Inspection Robot LiDAR Data //Sensors. 2018. Т. 18. № 2. С. 596.
4. Deng C. et al. Unmanned aerial vehicles for power line inspection: A cooperative way in platforms and communications //J. Commun. 2014. Т. 9. № 9. С. 687–692.
5. Pagnano A., Höpfa M., Tetib R. A roadmap for automated power line inspection. Maintenance and repair // 8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. 2013. № 2. Pp. 234–239.
6. Montambault S., Pouliot N. Design and Validation of a Mobile Robot for Power Line Inspection and Maintenance // 6th International Conference on Field and Service Robotics. FSR 2007, France. 2007. 11 p.
7. Debenest P., Guarnieri M., Takita K. et al. Expliner – Toward a Practical Robot for Inspection of High-Voltage Lines // Conference: Field and Service Robotics, Results of the 7th International Conference. FSR 2009. Cambridge, Massachusetts, USA. 2009. 10 p.
8. Phillips A. Robotic transmission line inspector// EPRI Journal. 2010. № 2. Pp. 28–29.

УДК 623.4.023.45

Д. Г. Шавлиашвили

студент кафедры управления в технических системах

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ БЫСТРОДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

В последнее время массовое производство и легкодоступность автомобилей привели к резкому увеличению их количества в городах. По статистике в Санкт-Петербурге на тысячу человек приходится порядка трехсот автомобилей [1]. Помимо их огромного количества производители автомобилей стараются сделать их максимально мощными и быстрыми и, по возможности, максимально безопасными для водителя и пассажиров, но не для пешеходов, что, разумеется, пагубно сказывается на безопасности последних. Случаев наезда на пешеходов за последнее время огромное количество, и не только автомобильной техникой, но и мото-, а также велотехникой. Конечно, производители автомобилей пытаются сделать более мягкие, поддающиеся деформации детали кузова, которые смогли бы самортизировать удар, но всегда лучше избежать его, чем принять даже с несерьезными повреждениями.

В работе была поставлена задача решения вопроса предупреждения возможного столкновения и оповещения пешехода, когда в слепой зоне рядом с ним передвигается машина или велосипед, путем создания автоматической системы определения потенциально опасных быстро движущихся объектов, выполненной в виде наручного браслета.

Целью проекта является обеспечение безопасности человека на производстве и на улице, акцентирование внимания на потенциально опасные быстро движущиеся объекты.

Во время выполнения проекта были решены задачи, связанные с компактностью устройства, его размещением на теле или одежде человека, способами обнаружения и предупреждения, дизайном и эстетической функциональностью. Оптимальной конструкцией, удовлетворяющей поставленным задачам, стала стилизация под наручный браслет с фиксированным расположением передатчика-приемника, направленного в сторону от тела человека (пользователя). Поскольку носитель может находиться в шумном месте или носить наушники, а браслет находится вне зоны постоянной видимости, звуковая, либо световая сигнализация является неэффективной. Идеальным способом оповещения опасности стал встроенный вибромотор (рис. 1, а), который должен сработать и не выключаться до тех пор, пока угроза не будет устранена, т. е. не выйдет из зоны действия браслета. Второй составляющей браслета является главный и единственный датчик в устройстве – модуль определения скорости объектов.

Фундаментально определение движения, а впоследствии и скорости объектов, начинается с вычисления разницы между частотой принятого сигнала, т. е. отраженного от объекта, и частотой излученного сигнала, согласно эффекту Доплера (рис. 2). Если частота отраженных радиоволн выше испускаемых, объект движется навстречу источнику, в противном случае объект отдаляется. По средствам подобных вычислений, радар может определять, как скорость окружающих его объектов, так и собственную скорость. По типу сигнал может быть акустическим, оптическим или радиоволновым. Последний пользуется большей популярностью, так как не зависит от посторонних шумов, пыли, температуры и освеще-

ния. Менее востребованным, но все же производимым измерителем скорости является лазерный датчик, обладающий меньшей стабильностью при работе в сложных метеоусловиях и высокими затратами на производство [2]. Наиболее распространенным сегодня радиочастотным измерителем является доплеровский радар. Самым компактным доплеровским радаром, его размеры составляют 40 на 46,5 мм при толщине 8,7 мм, способным измерять скорость объектов, является модуль HB100 (рис. 1, б), логика которого работает на микровольтах, из-за чего для управления с контроллера потребовалось изготовить операционный усилитель (рис.3, а) по схеме, предложенной производителем.

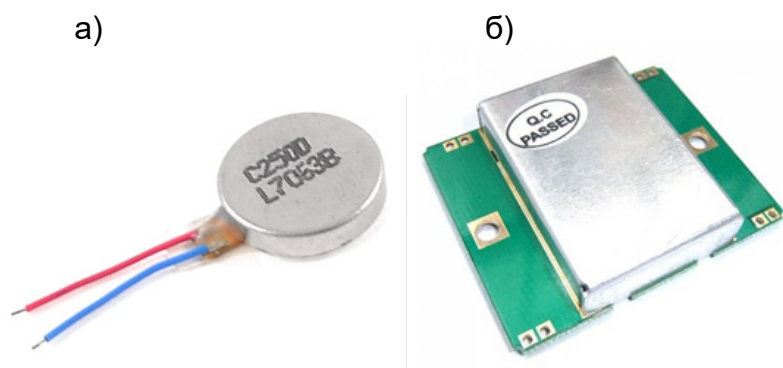


Рис. 1. Вибромотор (а) и модуль HB100 (б)

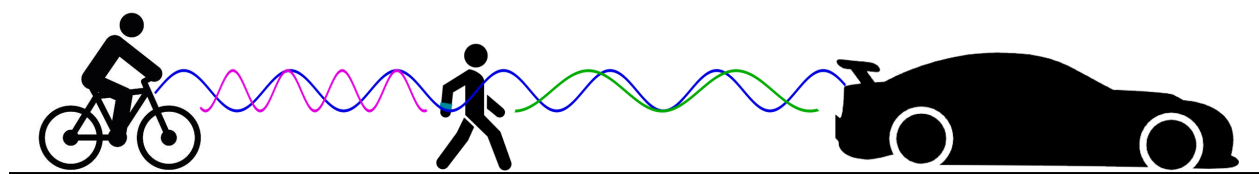


Рис. 2. Эффект Доплера на примере разности частот радиоволновых сигналов

Мозгом всей системы стал микроконтроллер ATtiny85 на отладочной плате Digispark (рис. 3, б), который подходил как нельзя кстати за счет своей компактности, высокой функциональности, простоты программирования и продолжительности времени работы от одной батарейки, что является немаловажным аспектом при проектировании систем безопасности.

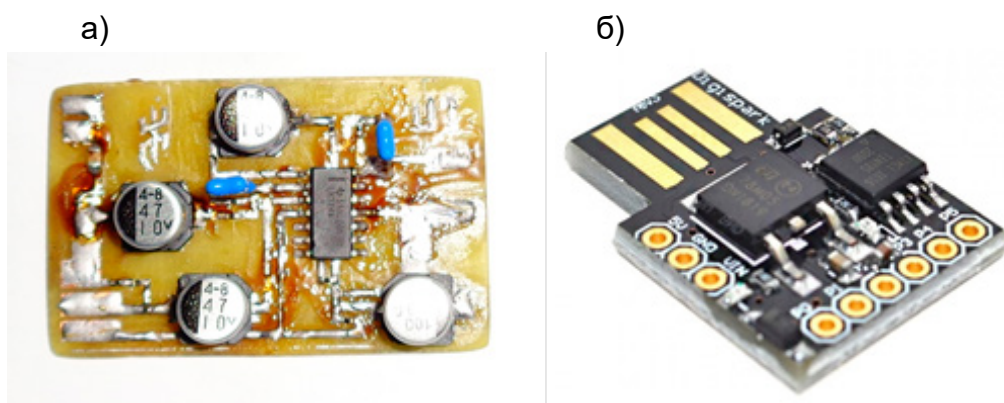


Рис. 3. Операционный усилитель на базе LM324 (а) и микроконтроллер ATtiny85 (б)

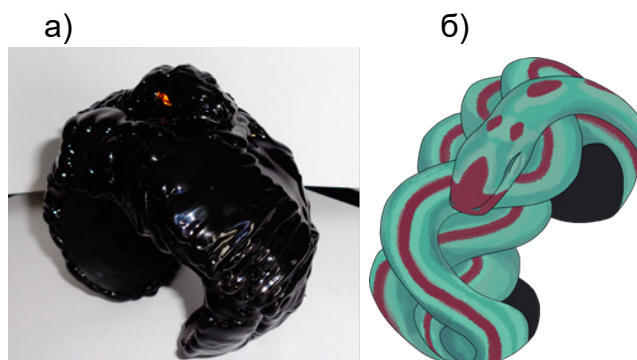


Рис. 4. Внешний вид готового устройства (а)
и возможный внешний вид браслета (б)

Устройство по средствам радиоволнового радара и эффекта Доплера вычисляет объекты, передвигающиеся с большей относительно пользователя скоростью. В случае определения таких в зоне действия радара устройство, закрепленное на руке пользователя, начинает вибрировать, и не прекращает до тех пор, пока объект не выйдет из зоны, либо не снизит скорость. Устройство может найти как гражданское, так и производственное применение. Подходит для работников промышленных складов с автопогрузчиками, железнодорожных станций и депо при работе на путях, и других производственных зонах с высоким уровнем шума или низкой видимостью, где присутствуют движущиеся механизмы и машины. Гражданское применение в первую очередь ориентировано на пешеходные зоны в достаточной отдаленности от оживленных автодорог и с низкой загруженностью автотранспортом, но значительной насыщенностью спортивным транспортным инвентарем, таким как велосипед. Гражданская версия, представленная в виде незамкнутого наручного браслета, также может быть оснащена маломощным высоковольтным усилителем для создания звукового эффекта электрического шока с целью отпугивания животных, например собак. Питание осуществляется за счет сменных аккумуляторных батарей, что обеспечивает относительно непрерывную работу без ожидания подзарядки и возможность использования вдали от источников питания при условии наличия сменных батарей. Также устройство имеет световой индикатор рабочего состояния (рис. 4, а, б).

Библиографический список

1. Информационный портал Петербург Сегодня. Статья: Эксперты подсчитали сколько машин в Петербурге: URL: http://sptoday.ru/2013_08_20/eksperty-podschitali-skolko-mashin-v-peterburge/.
2. Информационный портал ОРБИТА-СОЮЗ. Дорожные радары на службе ГИБДД: URL: <http://os-info.ru/kontrol-dostupa/dorozhnye-radary-na-sluzhbe-gibdd.html>.

УДК 621.301

С. А. Шалаев, М. К. Савченков

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

Р. Ш. Еникеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ С ПИРОТЕХНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

Коммутационный аппарат с пиротехническим приводом представляет собой размыкающее или замыкающее устройство, в качестве привода которого используется газогенерирующая смесь, расширяющаяся в замкнутом пространстве. В качестве смеси зачастую используется перхлорат калия $KClO_4$, гексоген и другие взрывчатые вещества [1]. Также добавляют смесь древесного измельченного угля и потом запечатывают в капсулу. Температура разложения перхлората калия равна ≈ 600 °С. В соединении с древесным углем, температура возгорания и последующего разложения равна ≈ 270 – 400 °С, что существенно уменьшает температуру поджига и габаритов конструкции самого пиротехнического привода [2]. После возгорания порошковой смеси давление газов приводит в движение поршень и тем самым размыкает или замыкает токопроводящую шину.

Принцип размыкателя заключается в «перерубании» острым наконечником поршня шинопровода. Пример размыкательного ключа с пиротехническим приводом постоянного тока, разработанного в НИИЭФА им. Ефремова, приведен на рис. 1. Компактный размыкающий аппарат с пироприводом применяется как аппарат защиты от токов короткого замыкания в силовых сетях вместо громоздких гидравлических приводов.

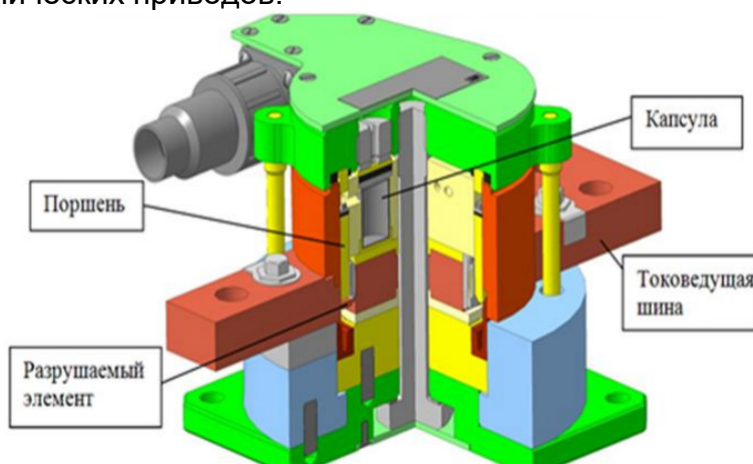


Рис. 1. Размыкательный ключ с пироприводом в разрезе

У замыкателя цепи вместо ножа на конце диэлектрического поршня имеется элемент из проводящего электрический ток материала (пластина), в котором при замыкании с секцией шин происходит коммутация цепи. Пример замыкателя цепи, разработанного для секции шин на аварийное срабатывание в комплексе защит линии переменного тока 10кВ в НИТПУ, показан на рис. 2 [3].

Также с пиротехническим приводом возможна эксплуатация предохранителя. Предохранитель должен работать в двух режимах: автоматическом и аварийном. Устройство обладает высокой скоростью срабатывания и может защитить питаемое оборудование от перегрузок при токах короткого замыкания. Данное устройство может быть разработано для использования его в качестве защиты цепей судового электропривода и рассчитано на величину номинального тока от 2 до 14 кА.

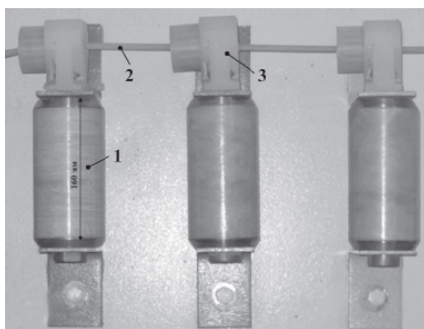


Рис. 2: 1 – взрывной замыкатель 10кВ; 2 – первичная обмотка (общая петля) импульсного трансформатора; 3 – вторичная обмотка импульсного трансформатора

Испытание предохранителя

Наименование работы: испытание предохранителя ПР-2 на экспериментальном стенде с целью проверки времени срабатывания в управляемом режиме с пиротехническим составом.

1. Режим работы испытательной схемы:

$$U_c = 2,97 \text{ кВ}; I_m = 50,7 \text{ кА.}$$

2. Результаты испытания:

Во время испытания проводились осциллографические измерения токов, проходящих через предохранитель (I_3), нагрузку (I_2) и запасящую емкость (I_1), а также напряжения на предохранителе (U). Крутизна нарастания тока di/dt через предохранитель составила $21 \cdot 10^6$ А/с. При разряде конденсаторной батареи емкостного накопителя энергии происходит разряд энергии в цепь. При этом до момента времени $0,6$ мс ток I_1 совпадает с током I_3 , при этом напряжение на нагрузке отсутствует. В управляемом режиме в момент подрыва капсулы с газогенерирующей смесью на капсулу подается сигнал управления, после чего начинается движение поршня. Это отражается на осциллограмме отклонением тока I_3 от тока I_2 , при этом пропорционально отклонению тока I_3 происходит нарастание тока I_2 . На сопротивлении R осциллограмма тока по форме совпадает с напряжением.

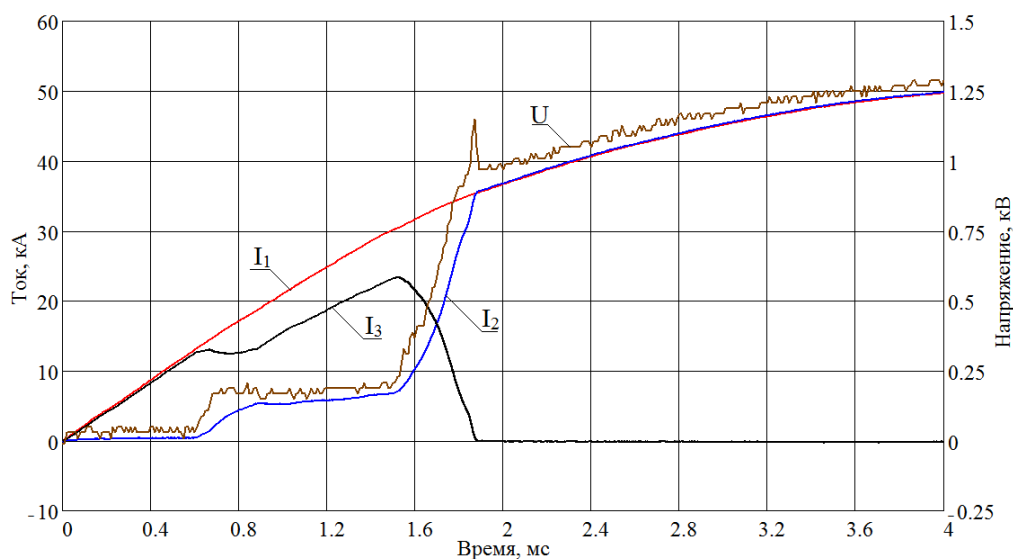


Рис. 3. Результаты испытания

3. Выводы, заключения по результатам испытания:

Конструкция предохранителя выдержала испытание и сохранила целостность основных элементов конструкции. Результаты испытаний показали, что полное время протекания тока через предохранитель в автоматическом режиме при скорости нарастания тока $\frac{di}{dt} \geq 20 \cdot 10^6 \text{ A/c}$ составило 1,88 мс, при этом время выключения предохранителя составило 1,28 мс (отсчет времени ведется от момента зажигания дуги). Были определены и подтверждены коммутационные характеристики данного предохранителя, время коммутации, определена амплитуда тока и выдерживаемого напряжения после размыкания цепи, равная 1,25кВ.

Библиографический список

1. Полард Ф. Б. Вспомогательные системы ракетно-космической техники 1970. 400 с.
2. URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Перхлорат_калия (дата обращения: 17.06.2017).
3. Сивков А. А., Сайгаш А. С., Климова Г. Н. Использование сверхбыстродействующих взрывных коммутационных аппаратов для повышения надежности функционирования систем электроснабжения // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4–2. С. 328–334.

УДК: 537.8

Д. А Шептяков

студент факультета СПО

С. В Соленьий – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ АМОРТИЗАТОР

С момента появления первого авто и по наше время было разработано несколько видов систем подвески автомобиля. Но при этом создать идеальное решение, которое устраивало бы по всем параметрам и показателям так и не удалось. Поэтому из всех существующих типов подвесок автомобиля выделить какую-то одну невозможно. Ведь в каждой из них имеются свои положительные и отрицательные стороны, которые и определяют их использование [1].

Подвеска в автомобиле выполняет ряд важнейших функций:

- обеспечивает упругое крепление колес к кузову (что позволяет им перемещаться относительно несущей части);
- гасит колебания, получаемые колесами от дороги (тем самым достигается плавность хода авто);
- обеспечивает постоянный контакт колеса с дорожным полотном (сказывается на управляемости и устойчивости).

В целом любая подвеска включает в себя три основных составляющих, каждая из которых выполняет свои функции: упругие элементы; демпфирующие; направляющие системы.

В задачу упругих элементов входит восприятие всех ударных нагрузок и плавная передача их на кузов. Дополнительно они обеспечивают постоянный контакт колеса с дорогой. К этим элементам относятся пружины, торсионы, рессоры. Ввиду того, что последний тип – рессоры, практически сейчас не используются, далее рассматривать подвеску, в которой они использовались, нецелесообразно.

Наибольшее распространение в качестве упругих элементов получили витые пружины. На грузовых же авто нередко используется еще один вид – пневматические подушки.

Демпфирующие элементы используются в конструкции для гашения колебаний упругих элементов путем их поглощения и рассеивания, что предотвращает раскачивание кузова во время работы подвески, – эту задачу выполняют амортизаторы.

Таким образом существуют 2 основных эксплуатируемых на сегодня вида подвесок.

1. *Гидравлическая*. Принцип действия основан на накачивании давления жидкости в стойку амортизатора с помощью насоса. Минусы: дороговизна, сложность ремонта.

2. *Пневматическая*. Принцип действия основан на подаче сжатого воздуха в пневматический баллон с помощью компрессора. Минусы: слабая ремонтпригодность, быстрый износ пневматического баллона, долгий отклик, если осуществлять именно «умную» подвеску.

Отличной альтернативой перечисленным подвескам могла бы стать электромагнитная, которая смогла бы объединить в себе как демпфирующий, так и упругий элемент подвески, а также существенно уменьшить отклик и повысить комфорт системы.

Электромагнитная подвеска состоит из четырех, отдельных линейных магнитоэлектрических приводов так называемых электромагнитных амортизаторов.

Основным конкурентом подобных систем можно считать магнитную подвеску компании SKF. Ее устройство по внешнему виду напоминает капсулу, в составе которой присутствуют электромагниты. Бортовой компьютер машины обрабатывает информацию от датчиков, размещенных на колесах, и моментально корректирует показатели жесткости магнитно-демпферного компонента. Поскольку подобная электромагнитная подвеска предполагает использование в конструкции несущих упругих элементов, то даже при условии отсутствия сигнала от компьютера система продолжит выполнять свои основные функции. Минусы: используется механический демпфер (пружина), узкий диапазон регулировок, дороговизна (около 250 тыс. руб.).

Основной задачей работы является разработка электромагнитного амортизатора отечественного производства с улучшенными характеристиками и более широким функционалом, в частности, помощь при прохождении поворотов и проезде неровностей с максимальным комфортом при помощи автоматизированного управления.

В основе электромагнитного амортизатора лежит теория Максвелла, которая гласит, что электрические и магнитные поля непосредственно взаимосвязаны друг с другом.

При пропускании электрического тока через катушку помещенный внутри нее стальной сердечник приобретает свойства естественного магнита. Степень намагничивания стального сердечника определяется величиной проходящего через него магнитного потока, о которой судят по максимальной массе притягиваемого груза (грузоподъемная сила электромагнита), она зависит от величины тока, пропускаемого через катушку, числа витков и температуры катушки, химического состава, формы, размеров и температуры поднимаемого груза.

Катушка без стального сердечника также будет обладать магнитными свойствами – притягивать к себе ферромагнитные тела, но сила притяжения при одном и том же токе, проходящем через нее, значительно меньше, чем у катушки со стальным сердечником. Это объясняется тем, что магнитная проницаемость воздуха намного меньше, чем стального (ферромагнитного) сердечника (рис. 1).

Опираясь на систему (рис. 1), в качестве рабочих магнитов были выбраны неодимовые постоянные магниты с силой тяги 20 кг. Рабочая катушка намотана медным проводом диаметром 0,02 мм около 1000 витков с конечными габаритами 20x18 мм и сопротивлением 0,03 кОм. Рабочий ток и напряжение были подобраны опытным путем и составляют 15 В и 0,5 А соответственно. Общие габариты модели составили 100x40 мм (рис. 2).

Система управления амортизатора была реализована на базе Arduino Uno и драйвера L298N. Система имеет авторегулировку построенную на измерении напряжения на магнитоэлектрическом амортизаторе. На рис. 3 представлена схема эксперимента с потенциометром для имитации изменения напряжения.

После проведения экспериментов было выявлено, что стойка начинает срабатывать при напряжении 11,7 В (рис. 4).

Среднее положение амортизатор принимает при значении напряжения 12 В (рис. 5).

Верхнее положение стойка принимает при напряжении 13,7 В (рис. 6).

Можно сделать вывод, что алгоритм работы системы будет основан на регулировке напряжения при изменении параметра длины, который можно получить с ультразвукового датчика HC-SR04.

Основным преимуществом предлагаемой системы является моментальный отклик, которого нет в других видах подвески, также возможность управления подвеской и ее адаптации под себя.

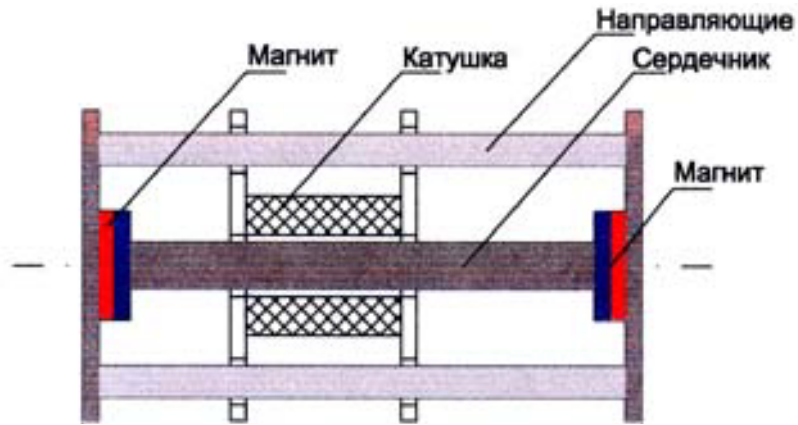


Рис. 1. Устройство магнитоэлектронного привода

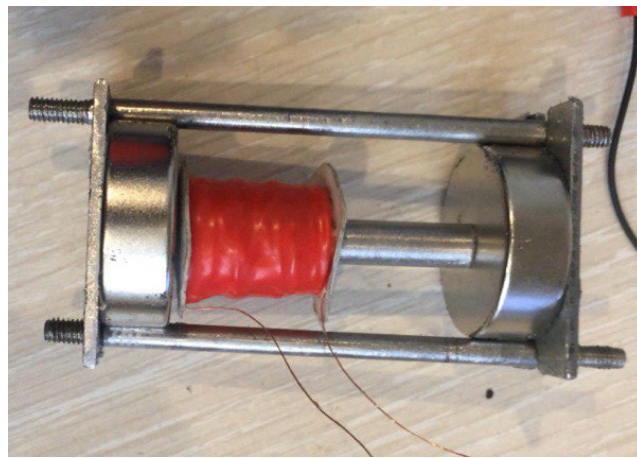


Рис. 2. Рабочая модель магнитоэлектрического амортизатора

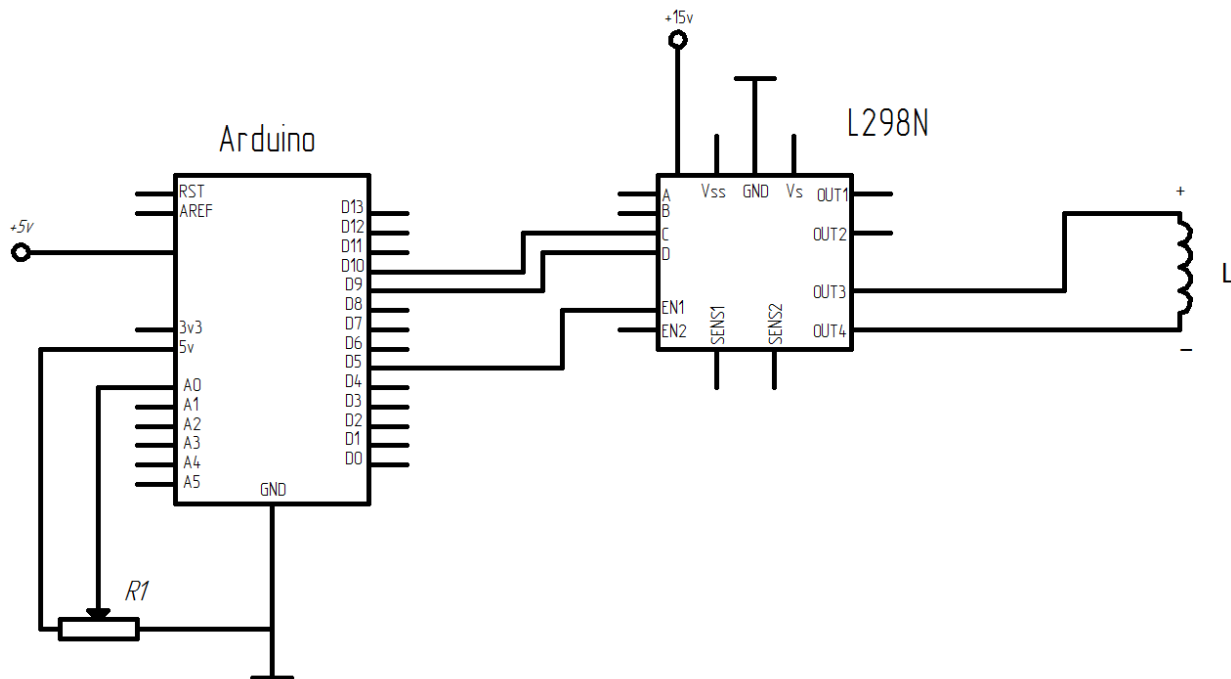


Рис. 3. Схема управления электромагнитного амортизатора

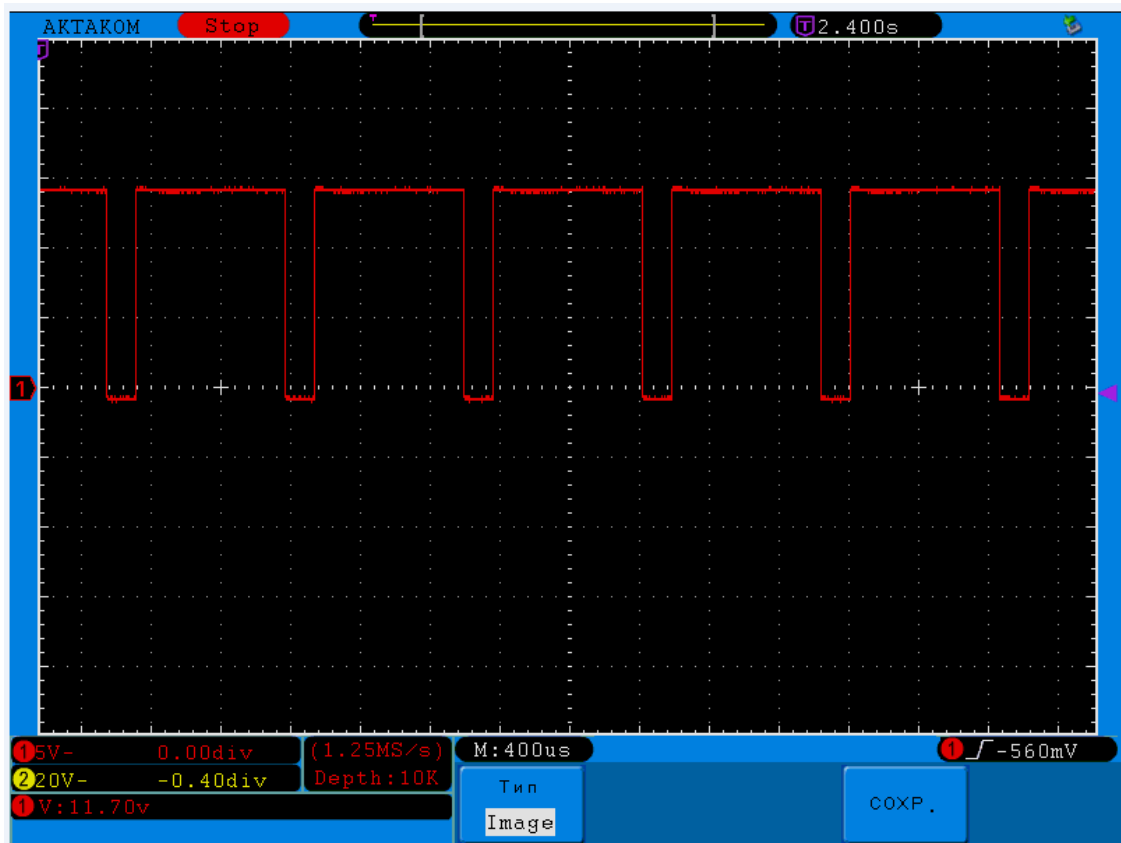


Рис. 4. Осциллограмма напряжения при минимальном усилии

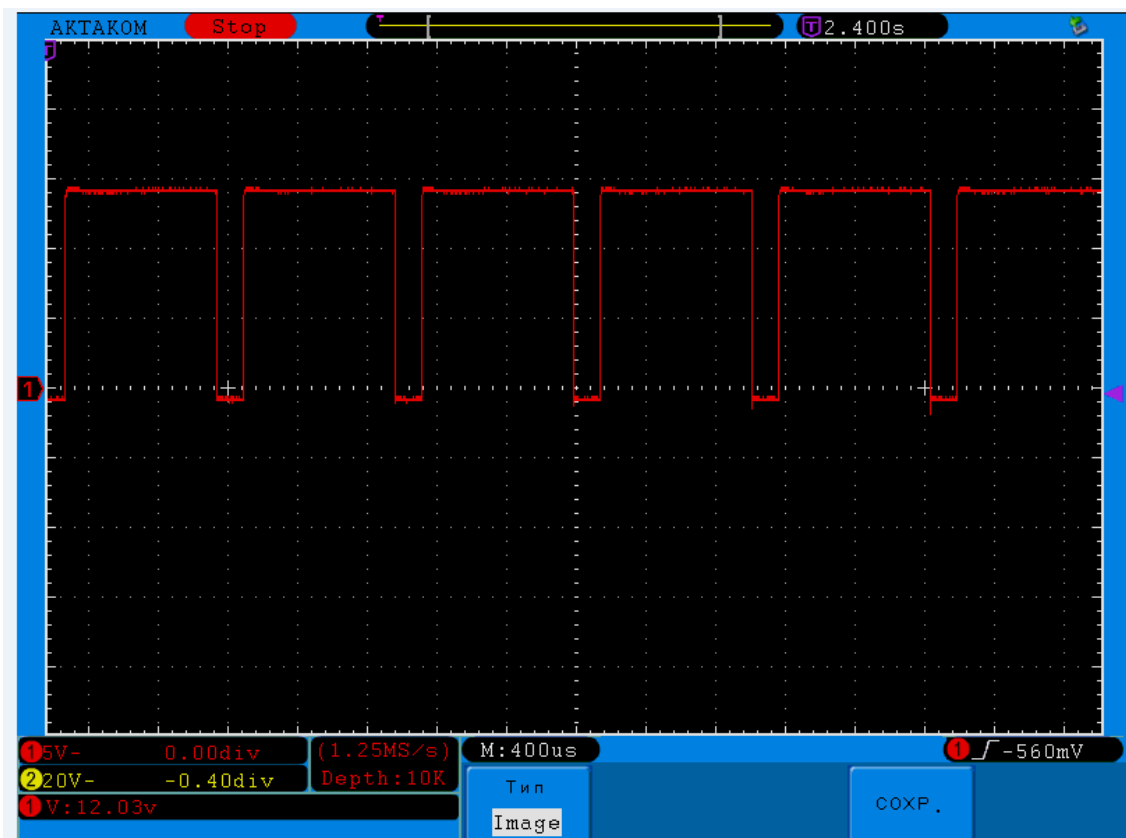


Рис. 5. Осциллограмма напряжения стойки в центральном положении

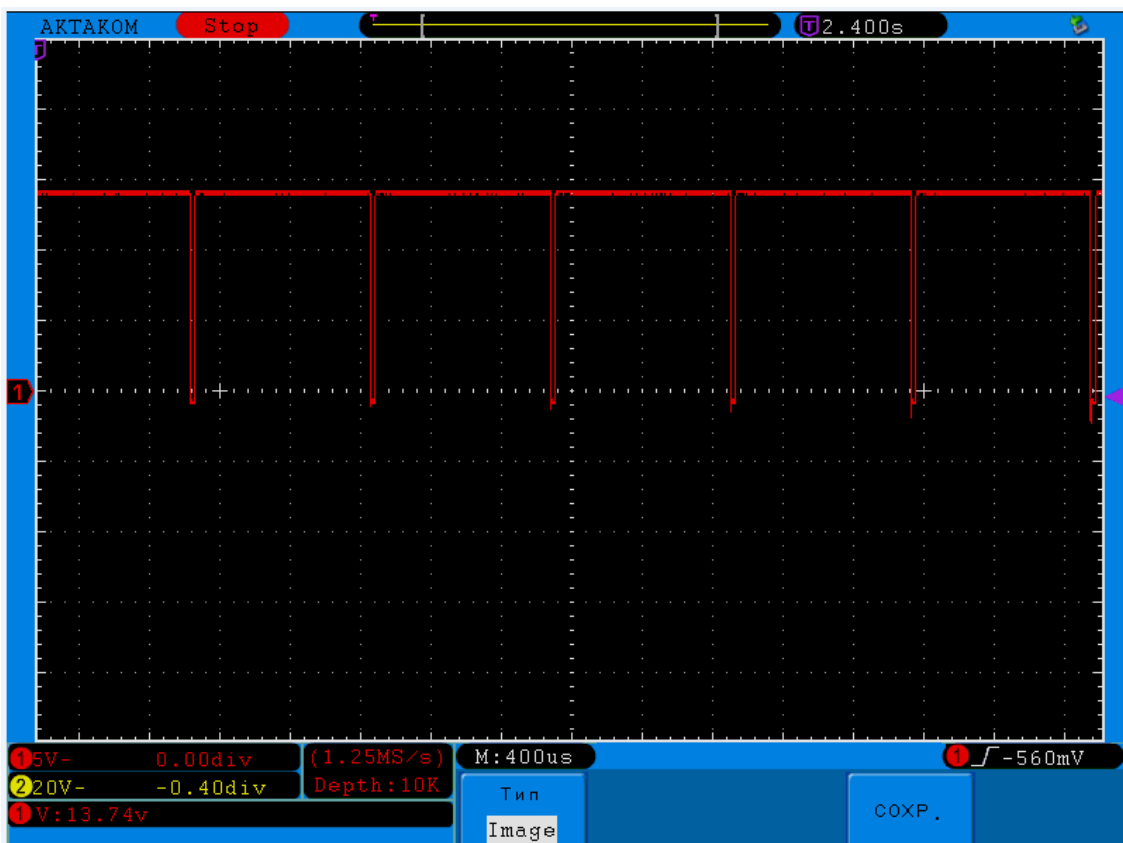


Рис. 6. Осциллограмма напряжения в верхнем положении стойки

Система имеет некоторые недостатки, среди которых то, что при работе амортизатор издает звук, характерный для любого электродвигателя.

Библиографический список

1. Раймпель Й. Шасси автомобиля / сокр. пер. В. П. Агапова. 1-го т. 4 нем. изд.; под ред. И. Н. Зверева. М.: Машиностроение, 1983. 356 с.

УДК 681.5

Е. О. Ширяева

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

Н. Д. Карпова

ученица 11 «А» класса ГБОУ СОШ № 63

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ НЕОБИТАЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ

Введение

Подводные аппараты (ПА) – специальные технические средства, предназначенные для проведения подводных поисковых операций, научных исследований, различных ремонтных и спасательных работ. Современные ПА промышленного назначения оснащаются манипуляторами, телевизионными системами высокого разрешения, адаптивными системами освещения подводной обстановки.

Подводные аппараты делятся на обитаемые и необитаемые аппараты. Обитаемым ПА управляет экипаж в составе от двух до шести человек, который находится в прочном герметичном корпусе, оборудованном системами жизнеобеспечения, средствами связи, навигации, аварийного спасения и т. д.

Необитаемые подводные аппараты (НПА) подразделяются на две группы: самоходные и буксируемые (опускные). Самоходные необитаемые подводные аппараты делятся на телеуправляемые (ТНПА) и автономные (АНПА): ТНПА управляется оператором или группой операторов с борта судна; в АНПА загружается программа, позволяющая самостоятельно выполнять поставленные задачи:

- исследование морского дна;
- изучение донных объектов;
- исследование и экологический мониторинг акваторий: измерение профиля дна по горизонтальной и вертикальной плоскостям, физический и химический анализ, определение расположения температурных границ и фронтов солёности, измерение температуры, солёности и отслеживание источников загрязнения, поиск рыбы, разновидностей бентоса и т.д;
- контроль прибрежной зоны;
- осмотр добывающих платформ;
- разведка;
- поисковые и спасательные операции;
- проведение операций по разминированию;
- использование в качестве средства доставки.

Автономные аппараты бывают переносные, АНПА легкого, тяжелого и сверхтяжелого классов. Мировыми лидерами в разработке и производстве АНПА являются США, Канада, Франция и Япония. В области подводной робототехники на эти страны приходится около 75% от всех разработанных АНПА [1]. Одним из ведущих направлений научно-исследовательских работ в этих странах является переход на электроприводные компоненты АНПА и отказ от гидравлики, а также унифицированное блочное исполнение, применение системы самотестирования, совершенствование аппаратуры телеметрии.

Главным качественным отличием НПА легкого класса является модульный принцип построения современных аппаратов, что позволяет разнообразить целевое назначение аппарата. Практически все современные разработки конструкций

АНПА являются многоцелевыми. Для правильного выполнения поставленных задач для АНПА разрабатываются следующие системы:

- система управления, в которой обрабатывается информация, поступающая от других систем, и принимается решение о следующих действиях этих систем;
- система освещения обстановки по гидроакустическому и другим каналам наблюдения, которая позволяет обнаружить и распознать объект поиска;
- система радиосвязи, обеспечивающая двустороннюю связь с взаимодействующими объектами;
- система навигации, отслеживающая текущие координаты АНПА при его перемещении в подводном пространстве;
- система управления техническими средствами АНПА (двигателем, рулями, манипуляторами и др. механизмами) [2].

Состав системы управления

Поскольку морская робототехника основана на принципах модульности конструктивного исполнения и функциональности программного обеспечения, то модули различных полезных нагрузок (камеры, гидролокаторы, профилографы, лаги, датчики и имитаторы акустических целей) могут варьироваться, и, в зависимости от полезной нагрузки и задачи, подбирается необходимая конфигурация базовых модулей, при этом используется единый интерфейс для нескольких беспилотных платформ и датчиков при планировании и анализе задач [3]. Базовые модули системы управления включают в себя следующие основные подсистемы, размещаемые на АНПА:

- бортовая система;
- система энергообеспечения;
- система радиосвязи;
- система технического зрения;
- измеритель параметров среды.



Рис. 1. Принцип работы системы управления

Принцип работы системы управления показан на рис. 1. По входящей связи бортовая система получает сигналы с берегового/судового компьютера по системе радиосвязи. Данные сигналы передаются в другие системы, например, в движительно-рулевой комплекс, который обеспечивает движение аппарата. Бортовая система собирает с датчиков данные об окружающей среде, скорости хода, глубине погружения, с системы технического зрения данные о рельефе дна, препятствиях и местонахождении объектов, с системы энергообеспечения, передающей энергию во все части АНПА по сети электрических проводников, данные о ее состоянии и количестве. Все собранные данные хранятся на АНПА или передаются на береговой/судовой компьютер.

Проектирование системы управления

При проектировании систем управления, размещаемых на АНПА, необходимо учитывать ограничивающие факторы, связанные с их конструктивными особенностями. К основным конструктивным особенностям относятся:

- малый объем пространства, в котором будет размещаться аппаратура системы;
- необходимость минимизации кабельных связей, электропотребления, тепловыделения аппаратуры;
- необходимость обеспечения требований по конструктивной защищенности аппаратуры, вероятности ее безотказной работы в условиях носителя, в том числе при наличии внешних воздействий.

Проектирование системы управления АНПА, задача которого исследовать морское дно, предусматривает соблюдение следующих условий:

- на аппарате должен быть установлен комплект аппаратуры, необходимый для сбора информации о морском дне: многолучевой эхолот, гидролокатор бокового обзора и гидроакустический профилограф;
- автономность аппарата должна быть не меньше 48 часов при работе всего комплекта аппаратуры сбора данных;
- глубина погружения АНПА должна достигать до 3000 метров.

Размещение комплекта аппаратуры показано на рис. 2.

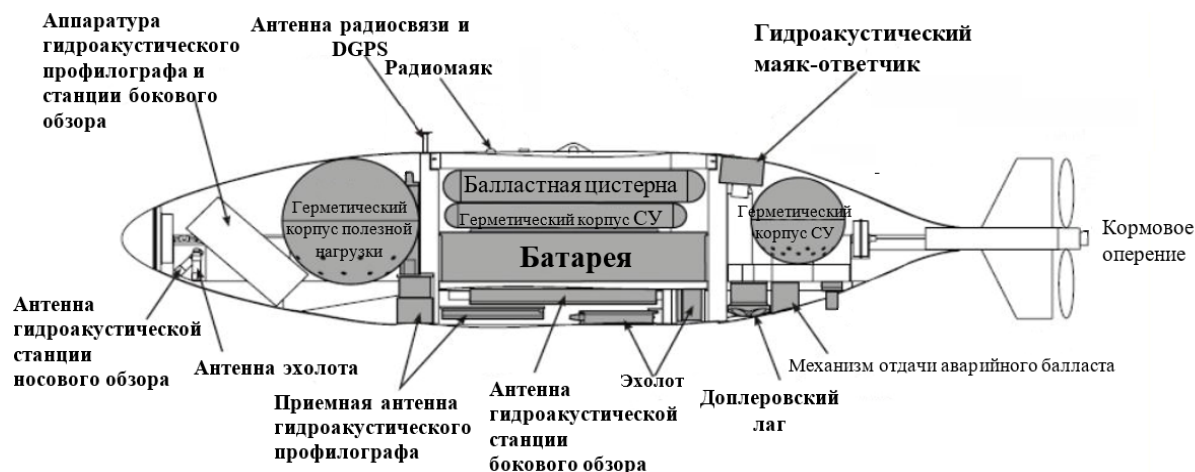


Рис. 2. Пример размещения аппаратуры на АНПА

Для сбора информации о морском дне используются различные датчики и система технического зрения. Опционные датчики состоят из цезиевого магнитометра, рыбопоискового гидролокатора, доплеровского измерителя течения, датчика турбулентности и метана, гидроакустического профилографа дна, а также других датчиков. Для точной навигации в систему технического зрения входят во-

локонно-оптический гирокомпас и датчик перемещения, датчик глубины, инерциально-измерительный модуль, доплеровский лаг, гидролокатор бокового обзора, датчики курса и скорости хода. В качестве бортовой системы выступает ЭВМ, которая управляет функционированием аппарата и его маневрированием, выполняет общую проверку возникающих ошибок, производит их обработку, выполняет кодирование и декодирование данных, передаваемых и принимаемых по акустическим каналам связи, а также исполняет функции сетевого администратора. Радиоканал аппарата представлен тремя акустическими каналами и каналом спутниковой связи. Наличие нескольких систем связи позволяет обеспечивать связь с АНПА с любого расстояния и на любой глубине и позволяет быстро передать информацию оператору.

Автономность достигается системой энергообеспечения АНПА – совокупностью батарейных модулей и устройств сопряжения, установленных на борту АНПА, обеспечивающих независимое поочередное подключение батарей к двум основным нагрузкам: движительно-рулевому комплексу и остальным системам по командам системы управления.

При выполнении миссий на большой глубине важно обеспечить всплытие аппарата при возникновении чрезвычайной ситуации. Для этого АНПА оснащен двумя устройствами сброса аварийного балласта и имеет продуваемую балластную цистерну.

Размещая систему управления на АНПА, важно обеспечить максимальную герметичность, что позволяет прочный герметический корпус, изготавливаемый из титана или высокопрочного стекла. Бортовая ЭВМ системы управления АНПА может быть установлена в большой титановой сфере, расположенной в кормовой части аппарата. Тогда в этой же сфере устанавливаются приборы инерциальной системы навигации аппарата, волоконно-оптический гирокомпас, бортовая ЭВМ системы навигации, электронные блоки акустических каналов управления и передачи данных.

Вторая большая титановая сфера, устанавливаемая в носовой части аппарата, предназначена для электроники полезной нагрузки.

При дальнейшей разработке системы управления необходимо составить ее математическую модель, разработать алгоритмы управления АНПА, что позволит оценить практические результаты данного проектирования, а также рассчитать затраты на разработку системы управления.

Библиографический список

1. Овдиенко И. Н., Чуксин Я. Н. Аналитический отчет «Тяжелые автономные необитаемые аппараты» // СПб: АО «ЦКБ МТ «Рубин». 2015. 364 с.
2. Мартынова Л. А, Машошин А. И., Пашкевич И. В. и др. Алгоритмы, реализуемые интегрированной системой управления АНПА // Технические науки. Известия ЮФУ. 2015. № 1 (162).
3. Семенов Д. О., Лускин Б. А. Методика определения облика корабельной автоматизированной системы управления НПА // Судостроение. 2017. № 3.
4. Занин В. Ю. Морская робототехника // NEFTEGAZ. 2017. № 8.

УДК 658.562:006.354

В. А. Шуляк

студент кафедры электромеханики и робототехники

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Наряду с повышением надежности электрооборудования одним из основных источников рисков в энергосистемах стали несоблюдение техники безопасности и человеческие ошибки. Тем не менее не существует комплексного исследования человеческих факторов и анализа надежности человека в энергосистемах.

Электроэнергия – это основной ресурс народного хозяйства и жизнедеятельности людей. Энергетические системы играют ключевую роль в производстве и передаче энергии. За последние несколько десятилетий энергетические системы значительно расширились в масштабах и стали более сложными по своей структуре. Если в 1997 г. Россия вырабатывала 834,100 млрд киловатт-часов электроэнергии, то к 2017 г. этот показатель увеличился до 1091,000 млрд киловатт-часов [1]. В результате надежность становится важнейшим аспектом работы систем. С развитием технологий надежность электрического оборудования и систем автоматизации были улучшены. Тем не менее энергосистемы не могут работать без человека. Несоблюдение техники безопасности и человеческие ошибки могут иметь огромное влияние на работу энергосистемы [2]. Для дальнейшего повышения надежности энергосистемы необходимо учитывать человеческий фактор.

Анализируя основные инциденты в работе энергосистем за последние десятилетия, можно увидеть, что человеческий фактор внес значительный вклад в эти сбои [3]. За последнее десятилетие в энергетических системах России произошло более 200 аварий с частичным отключением энергосистем (или разделением их на части), причем указанные нарушения сопровождались значительным снижением частоты [4]. Ежегодный суммарный недоотпуск электроэнергии в целом по РАО "ЕЭС России" по вине персонала составил от 1300 до 1500 МВт/ч. За этот же десятилетний период имели место 300 сбросов нагрузки на электростанциях с частичной или полной потерей электроснабжения для собственных нужд. Доля вины эксплуатационного персонала в вынужденных остановах блоков на ТЭС составляет значительную величину (до 15%). Это обусловлено ростом сложности управления и напряженности работы персонала, значительным объемом физически и морально устаревшего оборудования, поступлением топлива, пониженного или сильно меняющегося качества, недостаточной квалификацией персонала и нарушением правил производства оперативных переключений, а также рядом организационных причин. Хотя мы постепенно осознаем важность человеческих факторов в энергосистемах, исследований в этой области недостаточно.

Для оценки влияния человека (HRA – Human Reliability Assessment) на надежность энергосистемы, мы должны определить механизм человеческих ошибок и узнать причину их возникновения. Человеческие ошибки можно определить, как любые действия человека, как когнитивные, так и физические, которые потенциально или фактически приводят к негативным последствиям для нормальных функций системы [5]. Поскольку энергетические системы становятся все более сложными, предполагается, что персонал выполняет свои задачи в критических ситуациях и может столкнуться со всеми видами чрезвычайных ситуаций. Если поведение человека превышает допустимый предел, это может привести к катастрофе.

Всем известно, что нельзя полностью избежать человеческих ошибок. Тем не менее мы можем принять меры, чтобы уменьшить их вероятность. Надежность человека – это противоположная концепция человеческой ошибки. Как важная часть вероятностной оценки безопасности, HRA широко исследована во многих областях, которые имеют более высокие требования к надежности, такие как атомные электростанции и аэрокосмическая промышленность. Качественный и количественный HRA можно использовать для оптимизации энергетических систем, тем самым улучшить надежность человека. Тем не менее в сфере энергетических систем, очень мало исследований о HRA.

С развитием HRA, появились методики по анализу человеческих ошибок такие как:

- методика прогнозирования человеческой ошибки (THERP – technique for human error rate prediction) [6];
- когнитивная надежность и метод анализа ошибок (CREAM – cognitive reliability and error analysis method) [7];
- методика оценки и уменьшения ошибок персонала (HEART – human error assessment and reduction technique) [8];
- методика анализа человеческих ошибок (ATHEANA – a technique for human error analysis) [9];
- кроме того, в некоторых источниках надежность человека оценивается с помощью Марковской модели с постоянной скоростью перехода на человеческую ошибку [10, 11].

Следует заметить, что большинство из этих методов зародились в других отраслях и не задумывались для энергосистем. Каждый из методов HRA подходит для конкретного сценария работы системы. Согласно результатам исследования, сценарии работы энергосистемы подразделяются на 3 категории:

- ориентированные на время;
- ориентированные на процесс;
- ориентированные на аварийные ситуации.

Резюмируя результаты анализа, можно сделать следующие выводы:

- Энергетические системы постоянно развиваются и совершенствуются, но несмотря на столь быстрое развитие, не существует комплексного исследования человеческих факторов и анализа надежности человека в энергосистемах. Проведение такого исследования поможет повысить надежность энергосистемы.
- Очень важно правильно классифицировать сценарии работы энергосистемы для анализа надежности человека.

Библиографический список

1. Российский статистический ежегодник. 2017. М.: Росстат. 2017. 384 с.
2. Fang YJ, Bao YH, Xu TS et al (2012) Coordinated prevention based on manual and automatic emergency control. *Autom Electr Power Syst* 36(22):6–11.
3. Министерство энергетики Российской Федерации. Информация об аварийности в электросетях и генерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://minenergo.gov.ru/node/267>. (дата обращения: 14.02.2018)
4. Магид С. И., Загретдинов И. Ш., Музыка Л. П. и др. Человеческий потенциал и концепция обеспечения надежности в электроэнергетике // *Энергосбережение и водоподготовка*. 2005. № 3. С. 73.
5. Koval DO, Floyd HL (1998) Human element factors affecting reliability and safety // *IEEE Trans Ind Appl* 34(2):406–414.

6. Swain AD, Guttman HE (1985) Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. NUREG/PC-1278, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.

7. Hollnagel E (1998) Cognitive reliability and error analysis method (CREAM). Elsevier, Amsterdam.

8. Williams JC (1986) HEART: a proposed method for assessing and reducing human error. In: Proceedings of the 9th advances in reliability technology symposium (ARTS'86), Bradford, UK, Jun, 1986, B3.R/1–13.

9. Cooper SE, Ramey-Smith AM, Wreathall J, et al (1996) A technique for human error analysis (ATHEANA). NUREG/CR-6350, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, USA.

10. Dhillon BS (1982) Stochastic models for predicting human reliability. Microelectron Reliab 22(3):491–496.

11. Liboa JJ (1988) Quantification of human error and common mode failures in man-machine systems // IEEE Trans Energy Convers 3(2):292–299.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОНКУРС «ЭНЕРГИЯ УСПЕХА»-2018

17 апреля 2018 года на базе Института инновационных технологий в электромеханике и робототехнике ГУАП состоялся интеллектуальный конкурс «Энергия успеха», участниками которого стали учащиеся 9–11-х классов школ, гимназий, колледжей и профессиональных лицеев Санкт-Петербурга, обучающиеся на малом факультете Института.

Цель интеллектуального конкурса – выявление и развитие у обучающихся творческих способностей и интереса к научно-исследовательской деятельности, создание необходимых условий для поддержки одаренных детей, распространение и популяризация научных знаний, привлечение талантливой, наиболее подготовленной молодежи к обучению в ГУАП, выявление и поддержка учащихся, проявивших выдающиеся способности.

В этом году интеллектуальный конкурс охватил следующие тематические направления: вопросы развития, разработки и эксплуатации электромеханических и электроэнергетических систем; развитие инновационных технологий в аэрокосмической и судовой промышленности на основе применения нанотехнологий и наноматериалов в электромеханике и энергетике; применение сверхпроводников, устройств на их основе и криогенной техники в электромеханике и энергетике и технической физике; нетрадиционные источники электрической энергии; робототехнические системы и комплексы; системы автоматического управления техническими объектами; энергосбережение и энергоэффективность; электрофизические установки и процессы; перспективы применения ядерной энергии в аэрокосмической и судовой промышленности.

Из года в год количество участников конкурса растет, и 2018 год не стал исключением. Конкурсанты показали высокий уровень подготовки докладов, глубину проработки научно-технического материала, что, несомненно, высоко оценило жюри конкурса. Научные руководители конкурсантов, магистранты Института № 3, проявили высокую техническую эрудицию и педагогические навыки при подготовке участников. Вместе с профессорско-преподавательским составом Института они также оценивали работы конкурсантов. Сами участники активно обменивались мнениями, идеями, знаниями.

Результаты конкурса будут учитываться приемной комиссией как индивидуальное достижение учащегося в соответствии с правилами приема ГУАП на 2018/2019 учебный год. Дополнительные баллы, полученные участниками конкурса, при поступлении будут добавлены к общей сумме баллов за ЕГЭ.

Лучшие работы участников конкурса публикуются в данном сборнике.



УДК 004.896:621.865

А. М. Григорьев

ученик 10 класса 226 школы Санкт-Петербурга

А. О. Киселева – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРОВ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Что вы представляете, когда слышите понятие «манипулятор»? Молодое поколение – поколение Z – наверняка вспомнит о детском конструкторе или об интерактивных игрушках-роботах. Лишь малая часть старшего поколения представляет огромные руки-манипуляторы, переносящие тяжелые детали с разных линий производства.

Что такое манипуляторы? Где они используются? Каковы перспективы их применения? Эти вопросы мы поставили перед собой, когда определили тему нашей работы.



Рис. 1. Пример манипулятора-робота

Манипулятор – это управляемый механизм (рис. 1), который предназначен для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, и оснащен рабочим органом.

Первое применение промышленные роботы-манипуляторы нашли на заводах Генри Форда. Они были стационарными и использовались в конвейерной сборке автомобилей. На рис. 2 представлена конвейерная линия сборки автомобилей завода Форд. В 1962 г. была основана первая компания, специализированная на их изготовлении. Основными заказчиками стали автомобильные заводы Европы, а позднее и Японии.

В 70-х гг. прошлого века основным поставщиком манипуляторов становится Япония. В нашей стране долгое время не уделялось внимание этой отрасли, первая выставка состоялась в Союзе, лишь в начале 80-х. Но даже, после ее проведения, купить подобный механизм в нашей стране было негде. В 70-х гг. в Японии была создана ассоциация робототехники [1, 3].



Рис. 2. Конвейер на заводе Генри Форда

В наше время манипуляторы применяют почти повсеместно: на производствах, в медицине, в научно-исследовательской деятельности, в космосе, в океане и т. д. Сегодня роботы – это не только громоздкие манипуляторы, способные перемещать тяжелые конструкции на производстве, но и высокоточные и быстрые роботы-сборщики (например, роботы, осуществляющие сборку электронных плат) или аккуратные роботы для разминирования территории. Для каждого вида работ проектируется специальный манипулятор. Так, например, робот-сварщик абсолютно не предназначен для пайки электронных компонентов на плате.

Примером применения робота манипулятора в медицинских целях является робот-хирург «Da Vinci», который используется в сотнях клиник по всему миру.

На рис. 3 представлен внешний вид робота Da Vinci. Состоит робот из двух блоков. Первый блок предназначен для хирурга-оператора, а второй – четырехрукий робот манипулятор – является исполнительным устройством. Одна из «рук» робота держит видеокамеру, передающую изображение оперируемого участка, две другие в режиме реального времени воспроизводят совершаемые хирургом движения, а четвертая «рука» выполняет функции ассистента хирурга. Этот робот позволяет проводить более сложные операции с большей точностью и за меньшее время, чем если бы это совершал обычный хирург [2].

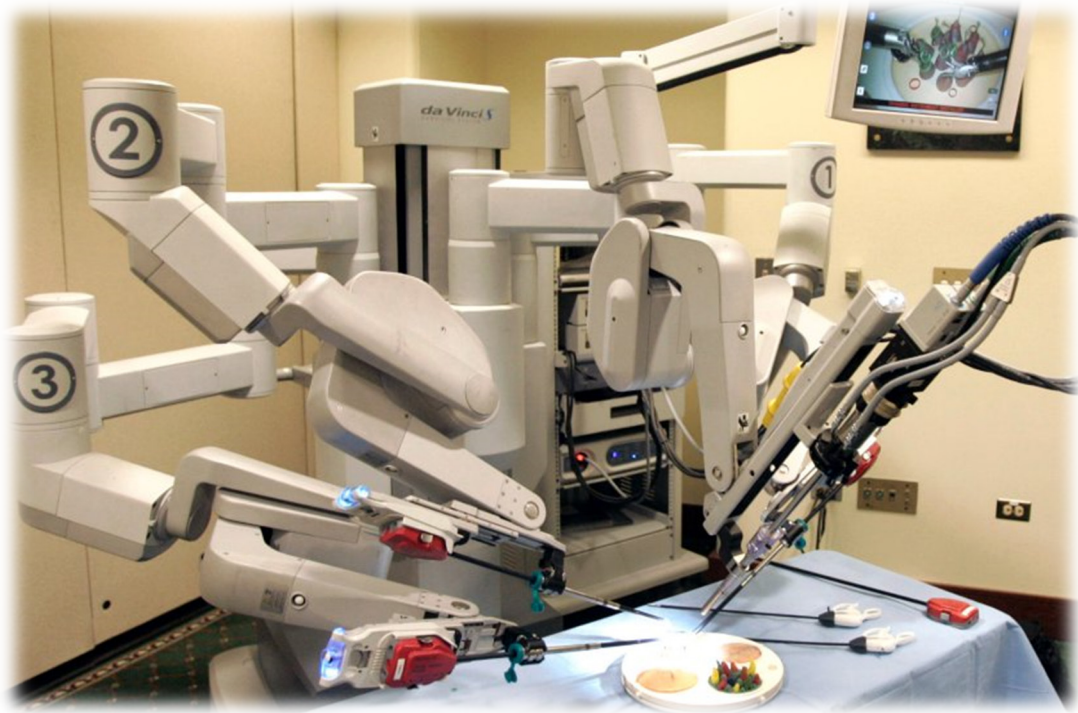


Рис. 3. Робот-хирург da Vinci

Изучив историю появления манипуляторов и их современное применение, можно сделать вывод, что применение манипуляторов в нашем мире ограничивается только фантазией человека, поскольку манипуляторы можно использовать во всех сферах, где необходимо физическое взаимодействие со средой.

Библиографический список

1. Сферы применения роботов манипуляторов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.12821-80.ru/articles/a5106> (дата обращения: 15.03.2018).
2. Da_Vinci_(робот-хирург) URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Da_Vinci_\(робот-хирург\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Da_Vinci_(робот-хирург)) (дата обращения: 15.03.2018).
3. Типы роботов манипуляторов. URL: [доступа:http://роботы-манипуляторы.рф/theory/type.php](http://роботы-манипуляторы.рф/theory/type.php) (дата обращения: 15.03.2018).

УДК 629

Н. О. Дмитриев

ученик 10 «Б» класса ГБОУ СОШ № 376 Санкт-Петербурга

П. А. Никифоров – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

HYPERLOOP – ТРАНСПОРТ БУДУЩЕГО

Hyperloop (представлен на рис. 1) должен стать «пятым видом» транспорта, не считая самолетов, поездов, автомобилей и кораблей в пантеоне механизированного движения. Автор проекта, изобретатель и инженер Илон Маск (рис. 2) хочет, чтобы люди путешествовали в бобах (по типу таких же, как в бобслее, только больше), которые будут со свистом пронеситься через стальные трубы, установленные на пилонах или столбах, спроектированных таким образом, чтобы пережить калифорнийское землетрясение.



Рис. 1. Hyperloop – транспорт будущего



Рис. 2. Илон Маск

Илон Маск решил взять за основу принцип работы вакуумного поезда, идея которого, кстати, существует очень давно, но реализовать ее не было возможности из-за отсутствия соответствующих технологий в то время. Если транспортному средству не нужно преодолевать сопротивление воздуха, то оно может двигаться на сверхзвуковых скоростях.

Однако изобретатель столкнулся с проблемой дороговизны такого проекта, так как создание полного вакуумного пространства требует больших затрат. Но решение было найдено: решили отказаться от полного вакуумного пространства, заменив его форвакуумом (100 Па). Для его создания достаточно насосов невысокой мощности и обычной стальной трубы толщиной 20–25 мм. Ученые учли, что при наличии даже небольшого количества воздуха, он будет мешать свободному движению капсул. Эту проблему решили, перенаправив воздушные массы под днище поездов через сопла в их носовой части, создавая таким образом воздушную подушку. При этом даже сумели сэкономить на необходимости создания дорогостоящей магнитной подушки [1].

С тех пор как Илон Маск поделился своей идеей о создании Гиперпетли в 2013 году, многие компании вступили в гонку, чтобы воплотить эту транспортную систему в реальность.

Для работы над проектом транспортной системы была создана компания Hyperloop Transportation Technologies (HTT). В ее главе встали сооснователь JumpStartFund (платформа для помощи перспективным стартапам) Дирк Алборн

и президент SpaceX Гвинн Шотвелл. Другая команда – Hyperloop One, сформирована Шервином Пишеваром – первым инвестором Uber [2].

С технической стороны проект выглядит весьма продуманно. В Hyperloop Alpha описан ряд ключевых решений:

Расчетная скорость капсулы указана как 1220 км/ч, что составляет 0,99 М, т. е. чуть меньше скорости звука при 20 °С [3].

– Туннель из гибко соединенных секций монтируется на шестиметровых сваях, каждая секция демпфируется по трем осям для защиты от землетрясений и температурных деформаций.

– Капсула приводится в движение линейным электродвигателем, ротор которого представляет собой алюминиевую пластину длиной 15 м, установленную в капсуле, а статор – электромагниты длиной 4 км, расположенные в туннеле через каждые 110 км (на рис. 3 приведена схема Hyperloop).

– Для снижения лобового сопротивления в туннеле поддерживается форвакуум – давление воздуха в 0,001 атмосферы.

– Набегающий воздух засасывается компрессором в носовой части капсулы. Часть воздуха идет на дыхание пассажиров, часть запасается в сжатом виде, часть выбрасывается под капсулу для создания воздушной подушки и еще часть выбрасывается из заднего сопла для стабилизации капсулы.

– При прохождении компрессора воздух нагревается до 583 °С и охлаждается в интеркулере с помощью запасенной на борту воды, расход 0,39 кг/с.

– Поверх каждого туннеля будут установлены солнечные батареи, выработка которых значительно превысит потребление самого Hyperloop. Излишки энергии можно будет продавать.



Рис. 3. Схема капсулы Hyperloop

Как и любое изобретение, явно опережающее свое время, Hyperloop вызвал град насмешек и критики как со стороны фанатов современных технологий, так и инженерного сообщества.

Безопасность. Самая главная, пожалуй, проблема Hyperloop. Алюминиевая капсула, летящая по трубе со скоростью пули? Стоит отказать воздушной подушке, и возгорание неизбежно. Двери можно открыть только на станции? Самостоятельно пассажиры не выберутся, надо резать туннель. И это только малая часть вопросов по безопасности.

Повороты. Проложить маршрут по прямой очевидно не выйдет. Маск предлагает ставить туннель на сваях вдоль существующих дорог, чтобы избежать чрезмерных затрат на выкуп земли и сглаживание ландшафта. Повороты неизбежны, как их будет проходить капсула на субзвуковых скоростях – неизвестно.

Стабилизация. Компьютерное моделирование Hyperloop Alpha показало, что технически проект осуществим, но есть ряд проблем. И самая насущная, это стабилизация капсулы в туннеле. Вибрация, отскоки от стен, вращение вокруг продольной оси – все это разработчикам предстоит победить [1].

Поддержание форвакуума. Сохранять давление в одну тысячную атмосферы в 500-километровой трубе – сложная инженерная задача. Никто такого пока не делал.

Первые испытания Hyperloop

В ходе первого испытания прототип транспорта от Hyperloop One смог разогнаться до 187 км/ч за 1,1 секунду, достигнув ускорения в 2,4 g. В общей сложности капсула преодолела чуть более 100 м, после чего начала резкую остановку. По словам главного технического директора Hyperloop One Брэгана Бэмброгана, такое ускорение будет ощущаться так же, как и при взлете самолета. Илон Маск, кстати, предполагал, что ускорение в капсулах Hyperloop не будет превышать 1 g и будет гораздо легче восприниматься пассажирами.

Кроме того, сама тестируемая установка была далека от ожидаемых левитирующих капсул, передвигающихся в трубках с разреженным воздухом. Прототип перемещался по самым обыкновенным рельсам, а питание получал через электромагнитные элементы, расположенные под установкой. На рис. 4 представлен прототип того, как должен выглядеть транспорт Hyperloop [4].

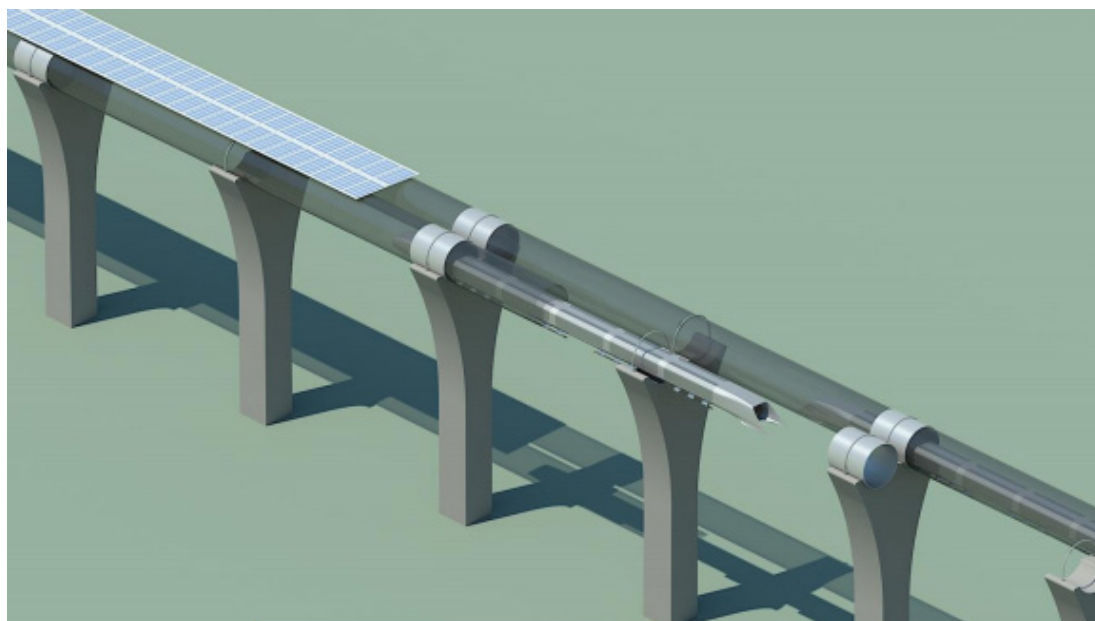


Рис. 4. Капсула Hyperloop в трубе с прикрепленными солнечными батареями

Плюсы и минусы Hyperloop

«+» и «-» Hyperloop:

- + Скорость передвижения между пунктами.
- + Отсутствие расписания. Капсулы будут ходить как поезда в метро: примерно каждые 2–4 минуты.

+ Крыши тоннелей буду оснащены солнечными батареями, соответственно энергии будет достаточно для работы Hyperloop и даже останется на продажу.

– Стоимость. По обещаниям Илона стоимость билета будет минимальная, но это будет очень невыгодно НТТ, поэтому предполагается, что стоимость будет гораздо выше, чем стоимость билета на самолет.

– Безопасность. При любой, даже микротрещине, капсула будет останавливаться из-за отсутствия форвакуума, и пассажирам придется выживать в тоннеле при практически полном отсутствии кислорода.

– Вред экологии. Сколько лесов придется вырубить для постройки свай?

Библиографический список

1. Статья «Гиперпетля – быстрее только телепортация». URL: <http://the-dialogue.com/ru1-giperpetlja-bystree-tolko-teleportacija/> (дата обращения: 10.02.2018).

2. Статья «Транспорт будущего Hyperloop». URL: <http://oyla.xyz/article/transport-budusego-hyperloop> (дата обращения: 10.02.2018).

3. Статья «Hyperloop – сверхзвуковой транспорт будущего». URL: <https://www.infoniac.ru/news/Hyperloop-sverhzvukovoi-transport-budushego.html> (дата обращения: 10.02.2018).

4. Статья Hyperloop Alpha. URL: http://www.spacex.com/sites/spacex/files/hyperloop_alpha.pdf (дата обращения: 10.02.2018).

УДК 004.357

М. П. Иванов

ученик 11 класса ГБОУ лицея № 344 Санкт-Петербурга

В. Н. Епифанов – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

ОБЗОР СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Преобразование механических колебаний в числовые значения

Речь – это последовательность звуков. Звук в свою очередь – это суперпозиция звуковых колебаний различных частот. Для более точного распознавания должна проводиться фильтрация постороннего шума.

Для сохранения звукового сигнала на цифровом носителе необходимо разбить его на промежутки и взять среднее значение на каждом из них (рис. 1). Таким образом, механические колебания превращаются в набор чисел, пригодный для обработки. Отсюда следует, что задача распознавания речи сводится к сопоставлению множества численных значений [1].

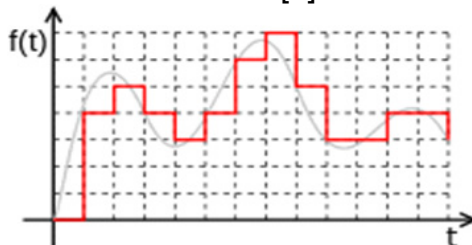


Рис. 1. Усреднение волны

Уровни распознавания речи

Распознавание слитной речи представляет собой многоуровневый процесс. После предварительной обработки речевого сигнала и выделения из него информативных признаков выполняется выделение лексических элементов речи. Это первый уровень распознавания.

На втором уровне выделяются слоги и морфемы, на третьем – слова, предложения и сообщения (рис. 2).

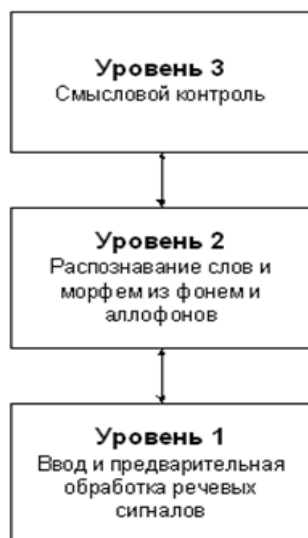


Рис. 2. Уровни распознавания речи

На каждом уровне сигнал кодируется представителями предыдущих уровней: т. е. слоги и морфемы состояются из фонем и аллофонов, слова – из слогов и морфем, предложения и сообщения – из слов.

При переходе с уровня на уровень помимо представителей сигналов передаются и некоторые дополнительные признаки, временные зависимости и отношения между сигналами. Собирая сигналы с предыдущих уровней, высшие уровни располагают большим объемом информации и могут осуществлять управление процессами на низших уровнях.

Распознавание речи с помощью нейросетей

Чаще всего для распознавания речи используются нейросети (нейронная сеть – математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей), так как данная система является наиболее простой и эффективной.

Существует несколько способов обучения нейросети. Один из них – обучение с учителем: т. е. процесс ручного обучения нейросети. Обучить нейронную сеть – значит, сообщить ей, чего мы от нее добиваемся. Этот процесс очень похож на обучение ребенка алфавиту. Необходимо повторять процесс предъявления букв снова и снова до тех пор, пока все буквы не будут твердо запомнены. Одну и ту же букву можно предъявлять нейронной сети много раз. Оказывается, что после многократного предъявления примеров веса нейронной сети стабилизируются, причем нейронная сеть дает правильные ответы на все примеры из базы данных. В таком случае говорят, что "нейронная сеть обучена".



Рис. 3. Алгоритм обучения нейросети

В программных реализациях можно видеть, что в процессе обучения величина ошибки постепенно уменьшается. Когда величина ошибки достигает нуля или приемлемого малого уровня, тренировку останавливают, а полученную нейронную сеть считают готовой к применению на новых данных. После того, как нейронная сеть обучена, мы можем применять ее для решения полезных задач. Сеть способна воспринимать и похожую информацию, отличную от той которую ей предоставили для обучения. Например, мы можем читать почти любой почерк, даже если видим его первый раз в жизни. Так же и нейронная сеть, грамотным образом обученная, может с большой вероятностью правильно реагировать на новые, не предъявленные ей ранее данные [2].

Плюсы развития распознавания речи с помощью нейросетей:

1. Способность к обучению восприятия текста, как речи, так и визуально.
2. Нейронная сеть способна заменить не полностью распознанное слово на подходящее по контексту.
3. Возможность создания самообучающихся нейросетей.

Развитие распознающих речь систем

Первый удачный проект по распознаванию речи был в 1952 г., первое устройство могло распознавать произнесенные человеком цифры. Системы распознавания речи сделали большие шаги в семидесятых. Самая большая система 1976 г. понимала 1011 слов.

2000-е: Застой в распознавании речи, связанный с проблемами реализации и узким кругом сфер применения. Технология распознавания речи получила второе дыхание после одного важного события: появления приложения Google Voice Search. Google стала этим заниматься для улучшения мобильных гаджетов, ведь гораздо удобнее говорить, чем печатать на маленьком экране. И в итоге система Google теперь позволяет распознать 230 миллиардов слов [3].

После появилось Siri (Siri – облачный персональный помощник и вопросно-ответная система iOS). Данное приложение использует обработку естественной речи, чтобы отвечать на вопросы и давать рекомендации. Siri приспосабливается к каждому пользователю индивидуально, изучая его предпочтения в течение долгого времени. Она использует те данные, которые ей известны о тебе, чтобы сгенерировать вытекающий из контекста ответ и отвечает на твой запрос, как некая личность. Наделение приложения для распознавания речи элементами искусственного интеллекта позволило войти в развлекательную сферу. Распознавание речи превратилось из инструмента в развлечение.

Осенью 2015 г. Google представил улучшенные акустические модели, созданные с помощью технологии CTC (Connectionist Temporal Classification, нейросетевая темпоральная классификация. Она может использоваться для таких задач, как распознавание рукописного ввода в режиме онлайн или распознавание фонем в речевом аудио.). Это позволило повысить точность в условиях посторонних шумов, а также увеличить скорость распознавания.

Уже в 2017 г. компания Microsoft объявила о том, что ей удалось добиться нового рекорда в распознавании речи – 5,1% ошибок. Прежний рекорд алгоритма от Microsoft составлял 5,9% ошибок. А рекорд IBM – 5,5% ошибок. Чтобы снизить частоту ошибок системы распознавания речи, ученые из Microsoft включили ряд усовершенствований в свои акустические и языковые модели на основе нейронной сети. Уточняется, что программное обеспечение, наделенное искусственным интеллектом и созданное специалистами Microsoft, сейчас может распознавать человеческую речь с такой же точностью, как и другой человек. Системы распознавания речи Microsoft в данный момент используются в таких сервисах, как Cortana и Speech Translator [4].

Примерно в то же время в Китае была представлена новая идея системы для распознавания речи. Система под названием Deep Speech-2 полностью основана на искусственном интеллекте. В то время как ее предшественницы включали в себя компоненты, внесенные «от руки», программа научилась распознавать слова в речевом потоке с нуля, просто слушая тысячи часов аудиозаписей и сопоставляя их с транскрипциями. В ней было реализовано «глубокое обучение». Она предполагает работу разветвленной многоуровневой сети виртуальных «нейронов», обрабатывающих огромное количество данных [5].

Недостатки

Существующие системы не способны опознавать и отделять голос определенного человека от прочих голосов и шума. В связи с этим системы работают достаточно плохо или вообще не работают в общественных местах. Например, в метро или на стадионе.

Многие приложения не способны качественно отсеивать шум, что увеличивает шанс неправильно понять. Да и в некоторых приложениях голосовой ввод скорее напоминает диктовку.

Перспективы

Голос каждого человека уникален. Распознавание речи может быть использовано для установки личности говорящего: т. е. идентификация человека по голосу. В данный момент ведется разработка таких систем, однако они далеко не всегда распознают хозяина даже с третьей попытки.

Также нельзя не отметить важность распознавания и синтеза речи в общении с людьми, владеющими другим языком.

Microsoft Translator Speech API – это облачная служба автоматического перевода: API позволяет разработчикам добавлять в свои приложения и службы универсальный устный перевод в режиме реального времени, является облачной службой машинного перевода, позволяет предприятиям добавлять сквозные, речевые переводы в реальном времени в свои приложения или службы. Ее можно использовать для создания приложений, инструментов или любого решения, требующего многоязычного речевого перевода независимо от целевой ОС или языков разработки. Однако речевой перевод доступен лишь с нескольких языков. Когда перевод речи на текст доступен на любом из этих языков и на всех языках с поддержкой 60 языков, данная система позволяет транслировать живой перевод: перевод речи докладчика и возможность пользователей следить за живыми переводами на выбранном им языке на своем устройстве. Другими словами, система способна воспринимать речь, переводить ее и транслировать на другом языке, что немаловажно в реальном времени [6].

В будущем распознавание речи способно полностью снять языковые барьеры между людьми.

Технологии распознавания речи считаются одними из наиболее перспективных в мире. Они постоянно развиваются, улучшается качество систем автоматического распознавания речи, расширяется область их применения.

Библиографический список

1. Материал с сайта «хабрахабр». URL: <https://habrahabr.ru/post/226143> (дата обращения: 15.03.2018).
2. Материал с сайта «studbooks». URL: http://studbooks.net/795889/estestvoznanie/postroit_neyronnuyu_set (дата обращения: 15.03.2018).
3. Материал с сайта «cso-krokus». URL: <http://cso-krokus.com.ua/history/945-istoriya-sistem-raspoznavaniya-rechi.html> (дата обращения: 18.03.2018).
4. Материал с сайта «high-tech». URL: hightech.fm/2017/08/21/speech-recognition (дата обращения: 18.03.2018).
5. Материал с сайта «Научная Россия». URL: <https://scientificrussia.ru/articles/v-kitae-razrabatyvayut-moshchnejshuyu-sistemu-raspoznavaniya-rech> (дата обращения: 18.03.2018).
6. Материал с сайта «Microsoft». URL: <https://www.microsoft.com/en-us/translator/speech.aspx> (дата обращения: 18.03.2018).

УДК 32.001

Е. А. Козинец

ученик 10 класс ГБОУ СОШ № 201 Санкт-Петербурга

М. С. Смирнов – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИХ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

В России трубопроводный транспорт является основным способом транспортировки различного сырья и продуктов в связи с относительно высокими эксплуатационными расходами железнодорожного, высокой себестоимости автомобильного и особенностями климатических условий водного транспорта.

Однако рассмотрев средние показатели мощности у электродвигателей, применяемых для работы тех же насосных станций, можно сделать вывод, что перекачка той же нефти требует больших затрат энергии и, соответственно, больших денежных затрат на реализацию. Из этого следует, что нужно искать способы по уменьшению этих затрат энергии. Одним из таких способов является увеличение КПД электродвигателя, так как любые попытки по уменьшению вязкости нефти могут привести либо к более крупным затратам энергии или к большим денежным затратам.

Рассмотрим типы электродвигателей, работающих на этих станциях. На насосных станциях применяют, как правило, асинхронные и синхронные электродвигатели переменного трехфазного тока. Чаще всего используется именно асинхронный тип двигателей благодаря его простому устройству, что позволяет сократить затраты на его изготовление, особенно если сравнивать со сложностью конструкции синхронного двигателя. В свою очередь, по типу обмоток ротора асинхронные двигатели бывают с короткозамкнутым или с фазным ротором. Для насосов более других подходят короткозамкнутые асинхронные двигатели, так как их можно включать без дополнительных пусковых устройств, а пусковой момент таких двигателей позволяет вводить их в работу под нагрузкой. Но такой тип электродвигателей также имеет существенные недостатки: высокий пусковой ток, недостаточный пусковой момент, несогласованность механического момента на валу привода с механической нагрузкой, невозможность точной регулировки скорости работы прибора. Все эти недостатки и приводят к сниженной эффективности работы двигателя.

Рассмотрим способы по увеличению КПД асинхронного электродвигателя:

1. Частотные преобразователи, способные трансформировать однофазное или трехфазное напряжение с частотой 50 Гц в напряжение с требуемой частотой и амплитудой. Наиболее эффективными считаются тиристорные преобразователи частоты, они предназначены для работы с высоким напряжением, а их КПД может достигать до 98%, однако такой показатель ощутим при маленьких мощностях. По типу управления их можно условно поделить на частотные преобразователи с скалярным и векторным управлением. Частотные преобразователи со скалярным методом управления используют там, где важно поддерживать определенный технический параметр, например, давление в теплопроводе. Но есть и недостаток, который заключается в том, что нет возможности точно регулировать скорость вращения вала, также преобразователь не способен дать возможности контролировать момент. При векторном методе управления обеспечивается управление магнитным потоком ротора, а именно: моментом на валу двигателя.

Он применяется в случае, когда необходимо получить расширенный диапазон регулирования частоты при номинальных моментах. Главным преимуществом можно считать быстроту реакции относительно изменения нагрузки, а также плавность при работе на низких частотах, в то же время частотники с таким методом управления обходятся намного дороже.

2. Проблема исключения ударных пусковых нагрузок, и, следовательно, повышения надежности работы и снятия ограничения на число пусков и остановов агрегатов с высоковольтными электродвигателями, а также снижения просадок напряжения может быть решена посредством применения УБПВД для безударного пуска высоковольтных электродвигателей. Устройство УБПВД-В предназначено для пуска асинхронных и синхронных электродвигателей механизмов с «вентиляторной» характеристикой нагрузочного момента (центробежные насосы, компрессоры, вентиляторы). Оно также предназначено для безударного плавного пуска высоковольтных асинхронных и синхронных электродвигателей механизмов с «вентиляторной» (квадратично зависимой от скорости) характеристикой нагрузочного момента (центробежные компрессоры, насосы, вентиляторы, дымососы, эксгаустеры и другие аналогичные механизмы). Устройство УБПВД-В обеспечивает следующие виды защит: максимально-токовая от превышения заданного значения пускового тока и коротких замыканий; время-токовая от перегрузки силовых тиристоров; от затягивания времени пуска двигателя; от неполнофазного пуска и недопустимой асимметрии фазных токов; от неисправности тиристоров главных цепей.

3. Устройство плавного пуска электродвигателя (УПП) – это тот же частотный преобразователь, но с ограниченным функционалом. Работает он только при разгоне электродвигателя, плавно изменяя скорость его вращения от минимально заданного значения до номинальной. Чтобы исключить бесполезную работу устройства, по окончании разгона электродвигателя, рядом устанавливается шунтирующий контактор. Он подключает электродвигатель напрямую к сети после завершения запуска. И на деле получается устройство, которое способно значительно сократить количество выпускаемого двигателем пускового тока, а также согласовать крутящий момент двигателя с моментом нагрузки и все это за небольшую (сравнительно с ЧПР) сумму денег. Защита от мгновенной перегрузки, снижение интенсивности гидравлических толчков, снижение уровня пускового тока, защита от обратного вращения насоса, защита от повреждений труб – вот тот перечень возможностей УПП, если использовать его на насосных станциях, и все это за небольшую сумму.

Исходя из перечисленного, хочется отметить, что каждое из предложенных устройств идет электродвигателю только на пользу, остается только сделать выбор в пользу того, что в той или иной ситуации будет более выгодным: ЧПР обладают самым большим функционалом среди данных устройств однако главным его недостатком можно считать его сложную структуру из чего следует его дороговизна на рынке: УПП и УБПВД, напротив, являются более дешевыми вариантами, но их функционал ограничен, ведь одно отвечает за плавность разгона и остановки, а другое – за электронные защиты. Если вы хотите добиться чего-то из этого, то лучше сэкономить деньги, однако для достижения наилучших показателей лучше остановиться на первом варианте.

Библиографический список

1. ОАО «ВНИИР» – система безударного пуска высоковольтных электродвигателей переменного тока. [http://www.alcor-center.ru/sample_translations/UBPVD%20\(Ru\).pdf](http://www.alcor-center.ru/sample_translations/UBPVD%20(Ru).pdf) (дата обращения: 30.03.2018).

2. Мухамадеев А. Р. Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электроприводов переменного тока // Энергетика Татарстана. 2010. № 17.

3. Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электроприводов переменного тока URL: https://vk.com/doc38823475_462449786?hash=fc0fca9ff05aa44a69&dl=22a4c5b4b78ce7ccf1 (дата обращения: 30.03.2018).

УДК 621.524

А. В. Коркунов

ученик 11 класс ГБОУ СОШ № 238 Санкт-Петербурга

Н. А. Беседин, В. А. Волков – магистранты кафедры управления в технических системах – научные руководители

ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Термоядерный ракетный двигатель (ТЯРД) является перспективным двигателем, благодаря использованию довольно дешевого топлива, например водород, гелий и при этом выделением колоссальной энергии, что позволит космическому аппарату с таким двигателем развить большую скорость и при этом задействовать дешевые ресурсы. Это позволит совершить огромный скачок в развитии космической отрасли, ведь данное изобретение позволит за относительно короткое время достичь многих планет Солнечной Системы.

В основе ТЯРД лежит процесс термоядерного синтеза. Термоядерный синтез – это явление получения более тяжелых атомов вещества из более легких за счет кинетической энергии их теплового движения, сопровождающееся выделением большого количества энергии.

На основе этого процесса учеными из НАСА был создан проект ТЯРД, который позволит доставить космический корабль до Марса всего за 30–90 дней, при полете на Марс с использованием нынешних технологий потребуется порядка 156 дней. Такое колоссальное достижение в области развития науки и технике, вполне достижимо при нынешнем техническом развитии, утверждают эксперименты Джона Слау. Эксперименты направлены на создание новой технологии термоядерной ракетной тяги. Была разработана новая, особая концепция ТЯРД, в нем плазма (ионизированный газ) сжимается до сверхвысоких давлений при помощи магнитного поля, после чего сжатая смесь загорается, приводя к реакции термоядерного синтеза. [2]

Главные плюсы такого двигателя – это, конечно же, его огромная мощность по сравнению с теми двигателями, которые существуют на данный момент, а также для его топлива используются довольно дешевые ресурсы.

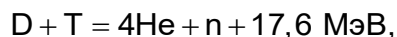
Главный минусом такого двигателя является сложность и дороговизна его создания. Также еще одним главным минусом является, то, что ученые не смогли пока что подчинить себе явление термоядерного синтеза.

СПЕЦИФИКА ТЯРД

В отличие от ядерных ракетных двигателей (ЯРД), в которых используется энергия ядерного распада для нагрева рабочего тела, которое и создает реактивную тягу, в ТЯРД не приемлемо появление промежуточного тепла, потому что температура рабочего тела, а, следовательно, и его скорость ограничены максимальной допустимой температурой конструкции двигателя. В отличие от ЯРД, ТЯРД способен работать, создавая реактивную струю из продуктов реакции.

При термоядерном синтезе, как правило, выделяется большое количество нейтронов, вследствие чего требуется использовать лишь те реакции, в которых выделение нейтронов минимальное. Выделение нейтронов при реакции приведет не только к потерям энергии и реактивной массы, но и действие нейтронов также пагубно влияет на прочность стенок реактора, что приводит к радиационным повреждениям и перегреву конструкции ТЯРД. Заряженные частицы, такие как протоны и электроны, могут быть отражены и направлены магнитным полем. В то же

время, термоядерные реакции, которые не выделяют нейтронов в качестве конечных продуктов, намного сложнее зажечь и сохранять, нежели типичную для энергетических термоядерных реакторов реакцию:



где D – дейтерий; T – тритий; He – гелий; n – нейтрон.

За счет особой специфики реактора для ТЯРД в нем необходимо ограничить контакт продуктов реакции с конструкцией реактора, в связи с этим в реакторе необходимо предусмотреть защиту стенок реактора от повреждений, которые может произвести реакция термоядерного синтеза. Эту защиту предполагается осуществлять при помощи электромагнитных ловушек, которые создают сильное магнитное поле, удерживающее плазму от соприкосновения со стенками реактора. Это же магнитное поле будет осуществлять формирование реактивной струи, т. е. осуществлять функции магнитного сопла [4].

Самым простым способом для удержания плазмы служит использование открытых ловушек – пробкотронов (рис. 1). Пробкотрон представляет собой открытую ловушку для удержания плазмы. Открытыми они названы, поскольку имеют линейную, незамкнутую форму, причем линии магнитного поля пересекают торцы плазменной области, которая как бы «открыта» с концов. Для удержания плазмы в них создается особая конфигурация магнитного поля, линии которого сближаются вблизи торцов, что создает подобие пробки для заряженных частиц (зеркала, уменьшающие утечку плазмы). В простейшем случае пробка состоит из нескольких катушек. Для стабилизации неустойчивостей в плазме в пробках используются сложные конфигурации магнитного поля [5].

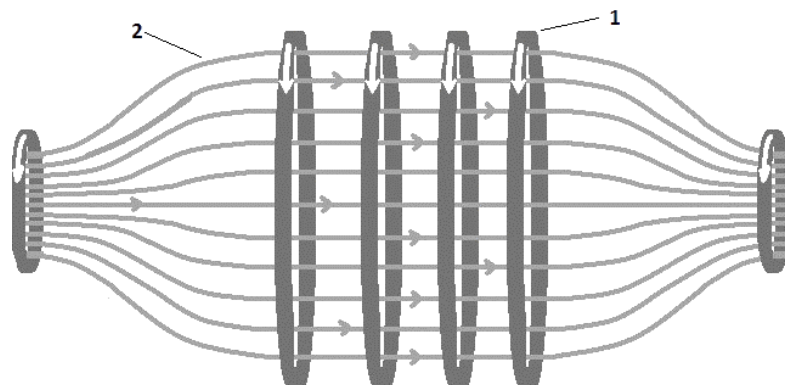


Рис. 1. Упрощенная схема пробкотрона

На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1 – электромагнитная катушка; 2 – магнитное поле

Для детонации термоядерного синтеза целесообразнее воспользоваться электронными пучками, а не лазерами. Поскольку использование лазеров требует больших преобразований с топливом, что очень влияет на различные характеристики. Таким образом использование электронных пучков позволило увеличить суммарный КПД, уменьшить затраты электроэнергии, а также уменьшить побочное тепловыделение, и позволило существенно уменьшить контакт плазмы со стенками реакции.

УСТРОЙСТВО ТЯРД

На рис. 2 наглядно представлена конструкция термоядерного двигателя. Пушка 1 служит для подачи топлива 7 в реактор 9. При попадании топлива в реактор, оно облучается при помощи генераторов пучков электронов 3, что приводит к запуску реакции термоядерного синтеза 8. Сверхмощные электромагнитные катушки (элек-

ромагнитные ловушки) 2 создают сильное магнитное поле 5, которое удерживает раскаленную плазму, исключая ее соприкосновение со стенками реактора и формирует реактивную струю, которая выходит через отверстие 4. В катушках отбора энергии 6 индуцируется ток, который используется не только для питания пушки и генераторов пучков электронов, но и для питания всех систем космического корабля.

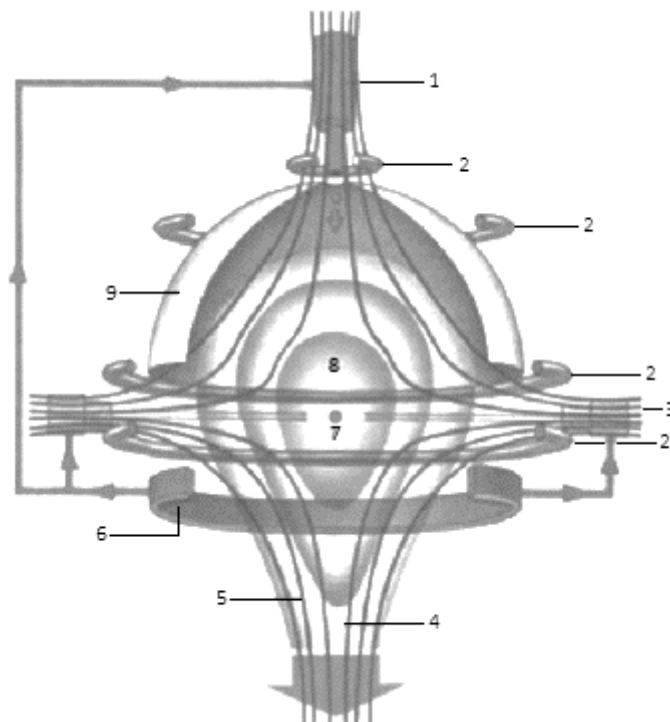


Рис. 2. Устройство термоядерного двигателя

На рис. 2 приняты следующие обозначения: 1 – пушка для инъекции сферических объемов термоядерного топлива; 2 – сверхпроводящие катушки магнитного поля; 3 – генераторы пучков электронов; 4 – плазменная струя на выходе из двигателя; 5 – магнитное поле; 6 – катушки отбора энергии; 7 – объем замороженного топлива сферической формы; 8 – термоядерный взрыв; 9 – реактор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термоядерный ракетный двигатель является перспективным двигателем за счет высокой мощности и использования дешевого топлива. На данный момент создание такого двигателя невозможно, в связи с недостаточным прогрессом разработок в данной отрасли на сегодняшний день, но наука с каждым днем делает уверенные шаги в данном направлении, и в недалеком будущем мы уже сможем увидеть космические аппараты с использованием такого двигателя.

Библиографический список

1. Пост Р.Ф. Открытые ловушки: путь к термояду // Физика плазмы, 1997, Т. 23 № 9.
2. Термоядерная ракета: на Марс за 30 дней. URL: <https://hi-news.ru/space/termoyadernaya-raketa-na-mars-za-30-dnej.html>. (дата обращения: 27.02.2018).
3. К вопросу о характеристиках термоядерного ракетного двигателя (ТЯРД). URL: http://go2starss.narod.ru/pub/E028_WJ.html. (дата обращения: 27.02.2018).
4. Термоядерные ракетные двигатели: будущее космонавтики? URL: <https://aboutspacejournal.net/2017/12/27/термоядерные-ракетные-двигатели-буд>. (дата обращения: 27.02.2018).

УДК 629.734/.735

Л. С. Марычев

ученик 11 класса ГБОУ Гимназия №177

Н. Ю. Комендантов – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Система электроснабжения летательных аппаратов – это комплекс основных, вспомогательных и аварийных систем, включающий первичные, вторичные, третичные системы вместе со всем оборудованием, входящим в эти системы, включая питательные сети.

Система электроснабжения предназначена для питания потребителей электроэнергии переменного трехфазного тока напряжением 115/200 В, частотой 400 Гц и постоянным током с напряжением 28 В. Система электроснабжения переменным током является основной и состоит из двух независимых подсистем по правому и левому борту. Каждый двигатель приводит в действие свой привод-генератор, который обеспечивает штатную подачу электропитания переменного тока. Вспомогательная силовая установка (APU) приводит в действие третий генератор переменного тока, образуя вспомогательный источник электропитания. В систему электроснабжения переменным током также входит аварийная система электропитания, источником которой является генератор ветродвигателя (RAT) и статический преобразователь (INV), предназначенный для преобразования постоянного тока напряжением 28 В в переменный ток напряжением 115 В и частотой 400 Hz.

Система электроснабжения постоянным током является вторичной, основными источниками в ней являются выпрямительные устройства (TRU), преобразующие переменный ток (AC) в постоянный ток (DC), аварийным источником являются аккумуляторные батареи. Во время нахождения самолета на Земле члены экипажа включают аккумуляторные батареи и/или наземный источник питания. После запуска двигателя или ВСУ генераторы подключаются автоматически. В полете электрическая система работает в автоматическом режиме.

Конструкция самолета используется как нормальный минус или нейтраль для цепей нагрузки.

Оборудование управления и защиты системы электроснабжения (СЭС) устанавливается в носовом приборном отсеке, техническом отсеке за нишей шасси, хвостовом отсеке. Оборудование каждого канала генерирования электроэнергии СЭС физически изолировано от оборудования других каналов, где это возможно.

Основная система электроснабжения включает в себя:

- систему привод-генераторов (IDG), установленных на маршевых силовых установках;
- блоки управления генераторами (GCU);
- блоки трансформаторов тока (СТА), установленные на распределительных устройствах.

Вспомогательная система электроснабжения переменным током включает в себя:

- генератор ВСУ, установленный на двигателе ВСУ;
- блок управления генератором ВСУ и наземным питанием (GAPCU);
- блок трансформаторов тока канала генератора ВСУ.

Подключение бортовой электросети самолета к электрической аэродромной установке осуществляется через штепсельный разъем аэродромного питания, который расположен в носовой части фюзеляжа слева от передней опоры шасси. На пульте управления электрической системы (в кабине экипажа) и на сервисном пульте наземного обслуживания (снаружи самолета) находится переключатель внешнего источника питания со световой индикацией. Индикация AVAIL означает механическое подключение штепселя наземного источника питания к самолету, индикация ON, в кабине экипажа, означает подключение шин самолета к наземному источнику электропитания.

При отсутствии наземного источника электропитания и в случае, если аккумуляторные батареи заряжены, возможен запуск ВСУ только от аккумуляторных батарей.

Рассмотрим системы электроснабжения новых гражданских самолетов Airbus A380, Boeing 787 и грузового самолета Ан-70. Эти самолеты эксплуатируются на данный момент времени.

Airbus A380 – широкофюзеляжный двухпалубный четырехдвигательный турбореактивный пассажирский самолет, созданный концерном «Airbus S.A.S.». В данном самолете в качестве СЭС постоянного тока используется низковольтная система электроснабжения 27 В постоянного тока, а в СЭС переменного тока – система однофазного переменного тока постоянной частоты 115 В, 400 Гц. В СЭС постоянного тока первичными источниками электроэнергии являются коллекторные стартер-генераторы, а в СЭС переменного тока – бесконтактные синхронные генераторы с вращающимися выпрямителями, подвозбудителем и возбудителем, объединенные с гидроприводом в единый агрегат с автономной масляной системой охлаждения и смазки и с отводом тепла в топливо. Аварийный генератор мощностью 70 кВА вращается от ветра.

Boeing 787 – широкофюзеляжный двухмоторный реактивный пассажирский самолет, разработанный американской компанией Boeing совместно с рядом зарубежных компаний, в том числе и с российскими.

Основным новшеством 787 является то, что воздух в самолете больше не будет "жареным". Свежий заборный воздух больше не будет подвергаться прогреву до 500 °С. Он будет поступать напрямую в салон, подогреваясь до нормальной температуры электрически.

На самолете установлено 6 генераторов: по два на двигателях мощностью 250 кВА и два на ВСУ мощностью 225 кВА. Двигатели запускаются электрически (а не сжатым воздухом как на современных больших лайнерах). Генераторы по своей конструкции гораздо проще (дешевле и требуют меньше обслуживания), чем Integrated Driven Generator на современных самолетах. Они связаны с двигателем механически напрямую, без приводов постоянных оборотов. Это означает, что частота тока может колебаться от 360 до 800 Гц. Эти же генераторы используются для запуска двигателей.

На современных самолетах частота вращения вала генератора должна быть постоянной, чтобы генератор постоянно давал ток 400 Гц, что обеспечивается Integrated Driven Generator. ВСУ настраивается и управляется так, чтобы всегда поддерживать постоянные обороты независимо от нагрузки.

На 787 огромную роль играет электрическая система. В разы большую, чем на других самолетах.

Все электрические блоки на современных самолетах расположены под кабиной пилотов, в носу самолета. Именно поэтому в кабине очень много места занято предохранителями. На 787 используется распределенная система, и электронные блоки расположены в местах по всему самолету, откуда будет проще

всего тянуть кабели к потребителям. Такой подход позволил очень сильно сократить количество тяжелых кабелей, проложенных под полом.

Ан-70 – среднемагистральный грузовой самолет нового поколения, разработанный АНТК «Антонов». Среди последних разработок, содержащих максимальное количество новых решений, который могут стать базовыми для будущих систем электроснабжения, является СЭС этого самолета, отличающегося повышенной энерговооруженностью, насыщенностью электромеханизмами и разнообразной электронной аппаратурой. Энергосистема этого четырехмоторного самолета с винтовентиляционной силовой установкой состоит из первичной СЭС трехфазного переменного тока нестабильной частоты 270–480 Гц напряжением 200/115 В и двух вторичных СЭС: трехфазного переменного тока постоянной частоты 400 Гц напряжением 200/115 В и постоянного тока 27 В. Первичная система электроснабжения объединяет четыре работающих отдельно и независимо друг от друга канала генерирования, имеет перекрестное резервирование, высокую степень защиты и автоматизации управления.

Особенность системы электроснабжения Ан-70 заключается в отсутствии сложной и дорогостоящей интегральной привод-генераторной установки. Первичными источниками питания являются четыре генератора ГТ90НЖЧ12Н, установленные непосредственно на коробке приводов авиадвигателя, имеющие масляное охлаждение. Маслосистемы генератора и двигателя объединены. Каждый генератор подключается к шинам ЦРУ своего борта. Шины ЦРУ переменного тока переменной частоты двух генераторов одного борта объединены в одну коробку, размещенную в средней части фюзеляжа. В СЭС предусмотрено взаимное резервирование шин ЦРУ между каналами одного борта. При отказе основных источников одного борта происходит переключение шин ЦРУ на другой борт.

В качестве резервного источника электроэнергии на объекте используется ВСУ с генератором ГТ60ПЧ6, установленная в левом обтекателе шасси.

Вторичными источниками электроэнергии трехфазного переменного тока постоянной частоты 400 Гц напряжением 115 В являются шесть размещенных в хвостовом отсеке статических преобразователей частоты ПТС-15 мощностью 15 кВА каждый. Схема резервирования этих преобразователей осуществляется таким образом, что два резервных источника могут заменить вышедшие из строя преобразователи на любом борту. Две шины преобразователя частоты одного борта конструктивно объединены в одну коробку ЦРУ 115 В, 400 Гц, размещенную в средней части фюзеляжа. Система распределения переменного тока стабильной частоты выполнена по радиальной схеме.

Аварийными источниками питания этой СЭС являются два статических преобразователя ПТС-1600, установленных в подпольном пространстве.

Вторичная СЭС постоянного тока напряжением 27 В выполнена из четырех выпрямительных установок типа ВУ-6КН, размещенных в подпольном пространстве. Система распределения электроэнергии постоянного тока также построена по радиальной схеме. В системе имеются: два ЦРУ 27 В, РУ 27 В левое и правое, а также РУ 27 В левого и правого обтекателя шасси. Две секции основной шины и аварийная шина одного борта конструктивно объединены в одну коробку ЦРУ 27 В, установленную в средней части фюзеляжа. Каждое ВУ подключается к своей секции основной шины ЦРУ. В коробках РУ 27 В, размещенных в передней части фюзеляжа, также имеются две секции основных шин и аварийная шина.

В качестве аварийных источников СЭС постоянного тока используются аккумуляторные батареи 20НКБН-25, которые подключаются к аварийным шинам РУ 27 В обтекателей соответствующего борта.

Оборудование всех систем самолета должно быть размещено так, чтобы к нему был обеспечен свободный и беспрепятственный доступ.

Объемно-пространственная компоновка различных систем, устанавливаемых на самолете, чрезвычайно сложна, поэтому все вопросы, связанные с компоновкой оборудования и систем самолета, отработкой интерьера кабины экипажа и пассажиров, решаются в процессе проектирования на макете самолета в натуральную величину. Широкое внедрение в процесс проектирования ЭВМ и особенно систем машинной графики позволяет существенно снизить трудоемкость этих работ, повысить точность и качество конструктивно-компоновочных решений, обеспечить высокое качество летательного аппарата в процессе производства.

Библиографический список

1. Егер С. М., Матвеев А. М., Шаталов И. А. Ч. 1. Современный летательный аппарат – сложная техническая система: учебник / под ред. И. А. Шаталова. М.: Машиностроение, 2003. 720 с.
2. Коптев А. Н. Авиационное и радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации. Кн. 3: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 352 с.
3. Марычев Л. С., Комендантов Н. Ю. Система электроснабжения самолетов // Завалишинские чтения'17. Молодежная секция: сб. докл. 17–21 апреля 2017 г.

УДК 621.391.82

А. А. Минина

ученица 10 класса ГБОУ СОШ № 301 Санкт-Петербурга

Е. О. Черских – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ТЕХНОЛОГИЯ LORA

1. Что это такое

В течение многих лет огромный потенциал интернета вещей, который заключается в сборе и анализе данных пользовательских устройств с целью дальнейшего принятия решений, не был раскрыт ввиду таких технических факторов, как ограниченный срок действия аккумулятора, передача информации на короткие расстояния, высокие затраты и недостаток необходимых стандартов. Технология, получившая название LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks), появилась на свет под эгидой некоммерческой организации LoRa Alliance, основанной такими компаниями, как IBM, Semtech, Cisco, с целью принятия и продвижения протокола LoRaWAN в качестве единого стандарта для глобальных сетей с низким энергопотреблением. Используя новые спецификации и протокол для энергосберегающих WAN-сетей, который задействует нелицензированный спектр беспроводного доступа, технология может соединять сенсоры, расположенные на большом расстоянии друг от друга, при этом предлагая оптимальный срок жизни аккумулятора и не требуя больших инфраструктурных возможностей. Разработчики LoRa Alliance позиционируют LoRa как технологию, имеющую значительные преимущества перед сотовыми сетями и WiFi благодаря возможности развертывания межмашинных (M2M) коммуникаций на расстояниях до 20 км и скоростях до 50 Кбит/с, при минимальном потреблении электроэнергии, обеспечивающем несколько лет автономной работы на одном аккумуляторе типа AA. Диапазон применений данной технологии огромен: от домашней автоматизации и интернета вещей до промышленности и умных городов. Все это позволяет обеспечить усовершенствованную мобильность, безопасность, двунаправленность, локализацию и позиционирование, а также снижение стоимости.

2. Как работает LoRa

Метод модуляции LoRa основан на технике расширения спектра и вариации линейной частотной модуляции, при которой данные кодируются широкополосными импульсами с частотой, увеличивающейся или уменьшающейся на некотором временном интервале. Такое решение, в отличие от технологии прямого расширения спектра, делает приемник устойчивым к отклонениям частоты от номинального значения и упрощает требования к тактовому генератору. LoRa использует прямую коррекцию ошибок и работает в субгигагерцовом диапазоне частот.

Базовая станция слушает эфир в заданном диапазоне частот. Когда она слышит запрос от какого-либо из устройств, то отвечает ему на частоте обращения. Ширина канала при этом составляет 125 кГц, максимальная скорость – чуть более 5 килобит/с. Этот стандарт интернета вещей не создан для просмотра потокового видео, его задача максимально быстро и гарантированно передать небольшое сообщение от датчика на базовую станцию. Однако, чем больше датчиков будут использовать базовую станцию, тем больше времени в эфире они займут. Потому при хороших радиоусловиях SF будет меньше. Растет скорость – падает время передачи.

3. Преимущества технологии

– LoRa использует частотный диапазон, разрешенный для использования в России.

– LoRa разрабатывалась для работы на мощности 25 мВт.

– LoRa – это открытый стандарт. Чипы для конечных устройств в свободной продаже, есть вся документация, и она открыта любому желающему. Датчики и радиомодули под этот стандарт в России делают несколько компаний.

Она не «вещь в себе», даже если пропадет один из производителей, останутся другие. LoRa имеет хороший радиус действия, она может принимать информацию от устройств в подвале дома или в километре от базовой станции. На самом деле может принять информацию и от датчика в 4 километрах городских условий. Но тут страдает стабильность, поскольку начинается потеря пакетов. Однако километр или два мы имеем. Датчики LoRa живут от батарейки минимум год, а то и больше. Тут есть зависимость от класса датчика (А, В или С). Самый живучий – А-класс, может продержаться несколько лет. Сенсоры LoRaWAN идеально подходят для передачи небольших объемов информации, к примеру, GPS-координат и погодных данных (с чем плохо справляется широкополосная связь). Более того, сенсоры требуют мало энергии; многие из них могут бесперебойно функционировать вплоть до 10 лет. В свою очередь, ключи шифрования AES128 делают взлом и прослушивание фактически невозможными.

4. Возможные области применения

Телекоммуникационные операторы видят множество областей применения для сетей LPWAN, например: вендинговые аппараты могут посылать автоматический сигнал дистрибьюторам, когда товары распроданы или оборудование нуждается в ремонте; городские администрации могут предлагать решения для разумной экономии электроэнергии, а также приложения, которые помогут водителям найти свободные парковочные места; любители животных могут изучать миграцию представителей фауны, а владельцы домашних животных – отслеживать местонахождение своих питомцев; логистические компании могут отслеживать движение грузовиков, кораблей и поездов, перевозящих контейнеры; производители бытового жидкого топлива могут получать автоматические оповещения в случае опустения масляных баков.

В сочетании с программным обеспечением IBM Long Range Signaling and Control (LRSC) и облачным сервисом IBM Internet of Things Foundation технология LoRaWAN позволяет с легкостью развертывать M2M-коммуникации и внедрять решения интернета вещей. LRSC – промежуточное ПО, которое предоставляет пользователям возможность соединять, управлять и масштабировать сеть, объединяющую вплоть до миллиона устройств. IBM также открыла исходный код протокола LoRaWAN для разработки приложений, который получил название «LoRaWAN in C». Интернет вещей уже сейчас меняет мир вокруг нас, помогая улучшить регулирование движения на дорогах, повысить эффективность использования энергии в зданиях и на производственных предприятиях, а также снизить уровень уличной преступности в городах. Такие технологии как LoRaWAN помогают значительно увеличить степень проникновения, дальность действия и долговечность сенсоров, которые составляют основу интеллектуального мира.

В настоящее время Senet, M2M-оператор и поставщик сетей в качестве сервиса (Network as a Service, внедряет 20000 LoRa-сенсоров от Semtech с программным обеспечением IBM LRSC, чтобы отслеживать уровень топлива в пропановых и масляных баках, находящихся на территории жилых зданий и предприятий на западном и восточном побережьях США. Каждый час сенсоры соби-

рают и передают по защищенным каналам связи информацию об уровне топлива, состоянии измерительных приборов и рекалибровке датчиков поставщикам топлива, которые впоследствии принимают решения о необходимости пополнения запасов. Благодаря технологии LoRa измерительные приборы функционируют с предельно высокой точностью на больших расстояниях, снижая инфраструктурные издержки, которые можно конвертировать в накопления и передать клиентам. Потребители, в свою очередь, никогда не останутся без топлива.

5. Перспективные области внедрения LoRa устройств

– *Энергетика*. Построение автоматизированных умных сетей электроснабжения для повышения эффективности использования энергии в зданиях и на производственных предприятиях, а также стабильности поставок электроэнергии. Ожидается, что беспроводные датчики и исполнительные механизмы будут в скором времени интегрированы во все виды устройств, потребляющих энергию (лампы, выключатели, телевизоры), и смогут взаимодействовать с поставщиками энергии для организации оптимального энергетического баланса;

– *Умный город*. Популярная некогда концепция “Умного дома” сменилась идеей “Умного города”, когда все устройства города соединяются между собой. Беспроводные модули осуществляют мониторинг механических, электрических и электронных систем, используемых в современных зданиях, а также контроль доступа, при этом они абсолютно не зависят ни от системы электропитания, ни от коммуникаций. Системы мониторинга парковочных мест с предоставлением информации водителям о свободных местах;

– *Охрана здоровья*. Специальные автономные многофункциональные датчики могут быть использованы для дистанционного контроля здоровья и в системах оповещения об экстренных изменениях состояния организма человека, а также в продукции для фитнеса, измеряющей шаги, вес, кровяное давление;

– *Транспорт*. Для осуществления разнообразных функций коммуникации в транспортных системах, построения систем контроля загруженности автодорог, “умных парковок”, логистических систем, а также контроля безопасности и помощи на дорогах;

– *ЖКХ*. Применение интеллектуальных беспроводных счетчиков помогает легко организовать автоматизированный учет расходов энергоресурсов (воды, тепла, газа, электроэнергии) в квартирах, коттеджах и в офисных зданиях, а также в режиме реального времени отслеживать состояние применяемого оборудования и в случае возникновения аварийных ситуаций оперативно на них среагировать.

– *Сельское хозяйство*. Любители животных могут изучать миграцию представителей фауны, а владельцы домашних животных – отслеживать местонахождение своих питомцев;

– *Бизнес*. Вендинговые аппараты могут посылать автоматический сигнал дистрибьюторам, когда товары распроданы или оборудование нуждается в ремонте;

Вывод

Задача LoRa Alliance – объединить аппаратное и программное обеспечение на базе стандарта LoRaWAN для телекоммуникационных операторов, обеспечивая их возможностью предоставлять услуги интернета вещей как коммерческим организациям, так и потребителям. Таким образом, в ближайшее время соединение миллиардов устройств от сенсоров и отдельных механизмов до мониторов и носимой электроники станет такой же простой задачей, как отправка SMS-

сообщений через локального провайдера связи. С целью поддержки технологии LPWAN IBM, Semtech и другие компании также объявили о создании LoRa Alliance – новой организации, которая займется поддержкой, развитием и стандартизацией технологии LoRaWAN. Все сказанное делает технологию уникальной и конкурентоспособной.

Библиографический список

1. URL: <https://m.geektimes.ru/company/nag/blog/296123/> (дата обращения: 17.03.2018).
2. URL: <https://m.habrahabr.ru/company/efo/blog/316954/> (дата обращения: 17.03.2018).

УДК 621.3.051

А. Ю. Михайлов

ученик 9 класса ГБОУ Гимназия № 70 Санкт-Петербурга

Н. С. Тарасов, М. С. Бирюков – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ИССЛЕДОВАНИЕ СКИНОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛЯ РЕЗИСТОРА ОПЕРАТИВНОГО ВЫВОДА ЭНЕРГИИ ITER

Международный экспериментальный термоядерный реактор

Международный экспериментальный термоядерный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor, или ITER) представляет собой установку, создающую условия для реализации реакции синтеза легких водородоподобных ядер (изотопов водорода), которая сопровождается значительным выделением энергии. Для создания условий синтеза ядер температура плазмы, в которой будет происходить термоядерная реакция должна составлять порядка 150 млн градусов по Цельсию (для сравнения – температура ядра Солнца 40 млн градусов). При этом изотопы выгорают, практически не оставляя радиоактивных отходов. На единицу веса термоядерного топлива получается примерно в 10 миллионов раз больше энергии, чем при сгорании такого же количества органического топлива, и примерно в сто раз больше, чем при расщеплении ядер урана в реакторах ныне действующих АЭС (рис. 1).

Осуществление слияния ядер происходит подведением ядер вплотную друг к другу посредством магнитного удержания плазмы. В этом случае в смеси дейтерия и трития происходит пробой газа и возгорание плазмы. При этом в плазме протекают значительные токи, удерживаемые магнитным полем.

Реактор, работающий по принципу термоядерного синтеза, не вызывает радиоактивного излучения и является безопасным для экологии. Это является огромным преимуществом, которое позволяет расположить реактор практически в любой точке мира.

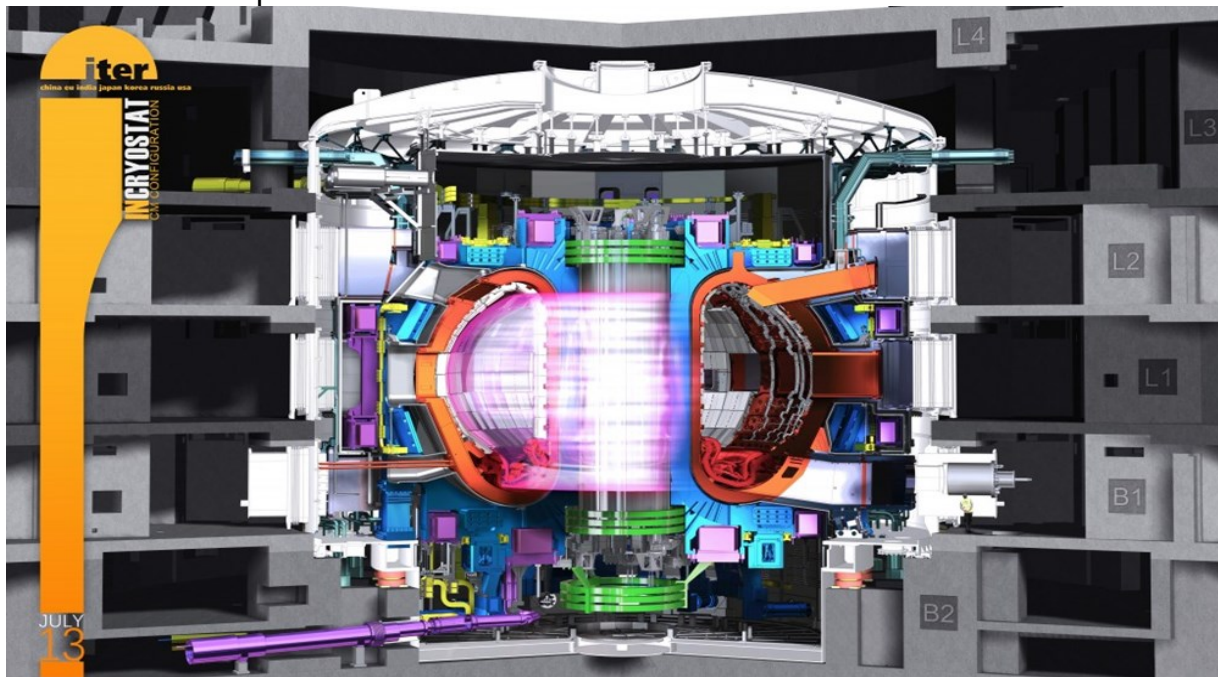


Рис. 1. Компьютерная модель ITER

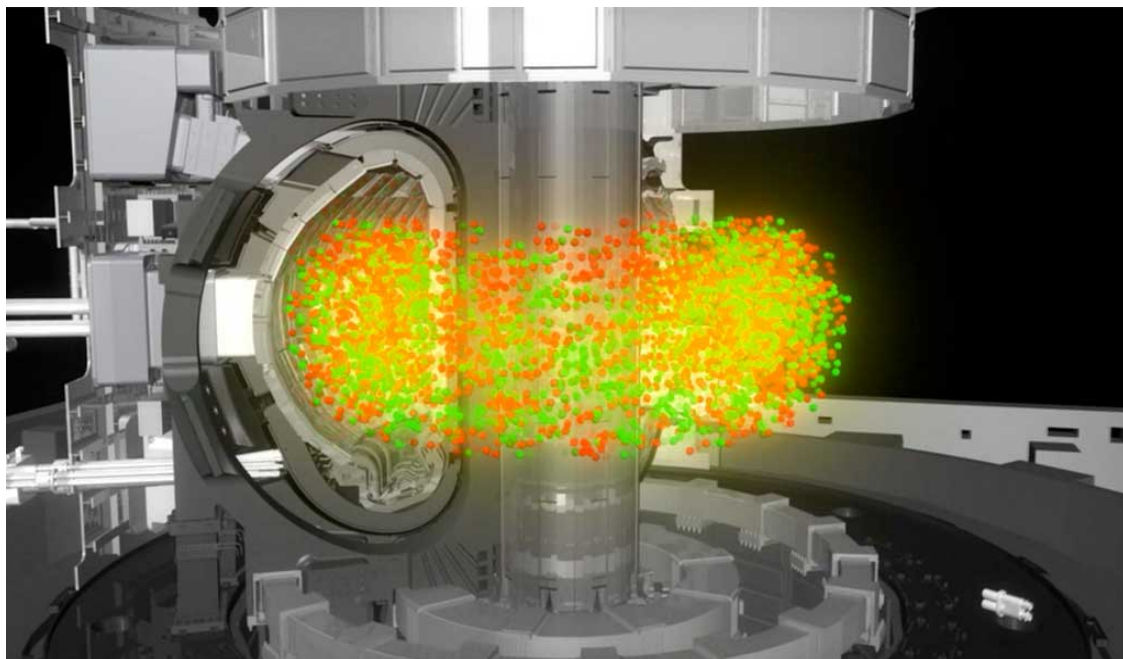


Рис. 2. Модель формирования плазменного шнура в ИТЭР

Важнейшей задачей при строительстве реактора является ограждение плазмы от соприкосновения со стенками камеры. При столкновении плазмы со стенками она может охладиться до температуры, при которой протекание реакции будет невозможно, либо испарит стенку. В 1951 г. И. Е. Тамм и А. Д. Сахаров разработали теоретические основы термоядерного реактора, в которых описывалось удержание плазмы в форме тора магнитным полем. Термин «токамак», как сокращение от слов «тороидальная камера с магнитной катушкой», придумал позже И. Н. Головин (рис. 2).

В этом проекте принимают участие: страны ЕС, Китай, Индия, Япония, Республика Корея, Российская Федерация, США (рис. 3).



Рис. 3. Логотип международного проекта ИТЭР

Разрядные резисторы

Разрядные резисторы (в дальнейшем называемые резисторами коммутирующих цепей, или SN резисторами, или SNR) вместе с выключателями для коммутации тока в цепях катушки образуют так называемые коммутирующие сетевые блоки (SNU). Резисторы входящих в состав цепи SNU служат для генерирования вихревого электрического поля, необходимого для пробоя и возбуждения тока плазмы. Разрядные резисторы, в том числе предназначены для рассеивания энергии, извлекаемой из предварительно намагниченных катушек в начале каждого цикла плазмы (рис. 4, рис. 5).

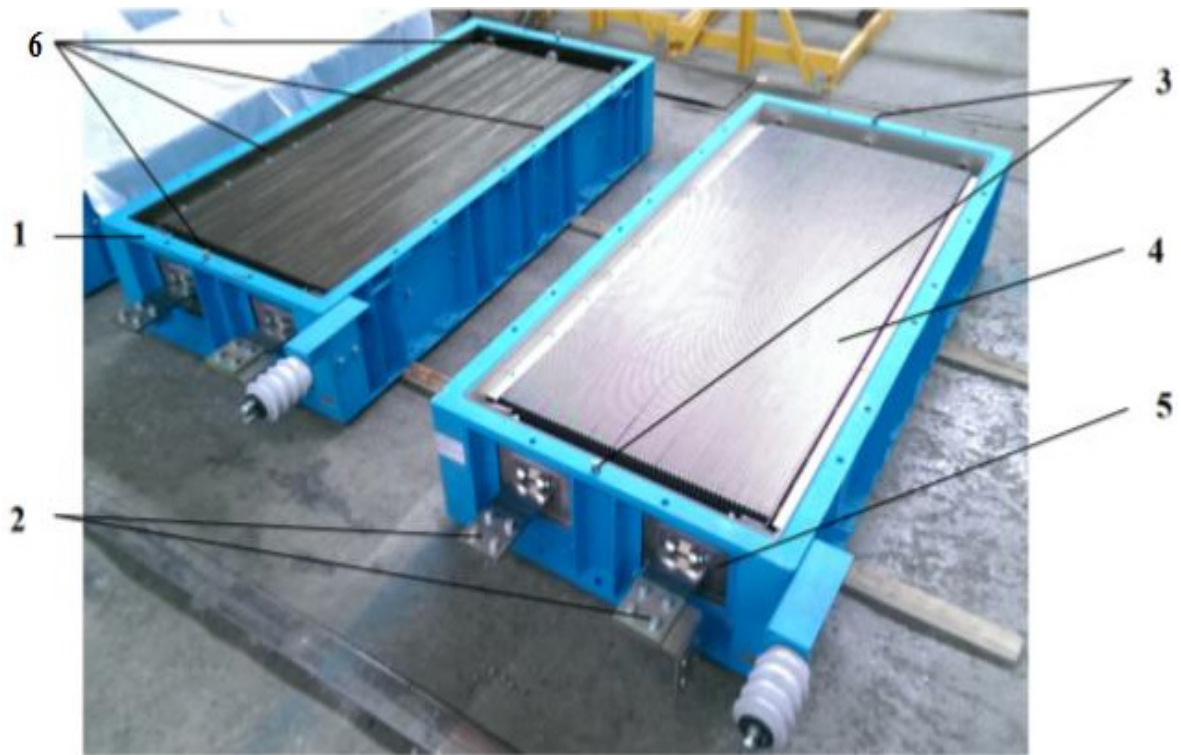


Рис. 4. Секция резистора SNR: 1 – корпус; 2 – клеммы резистивного элемента; 3 – болтовое соединение; 4 – резистивный элемент, 5 – изоляционная вставка, 6 – изоляционные плиты

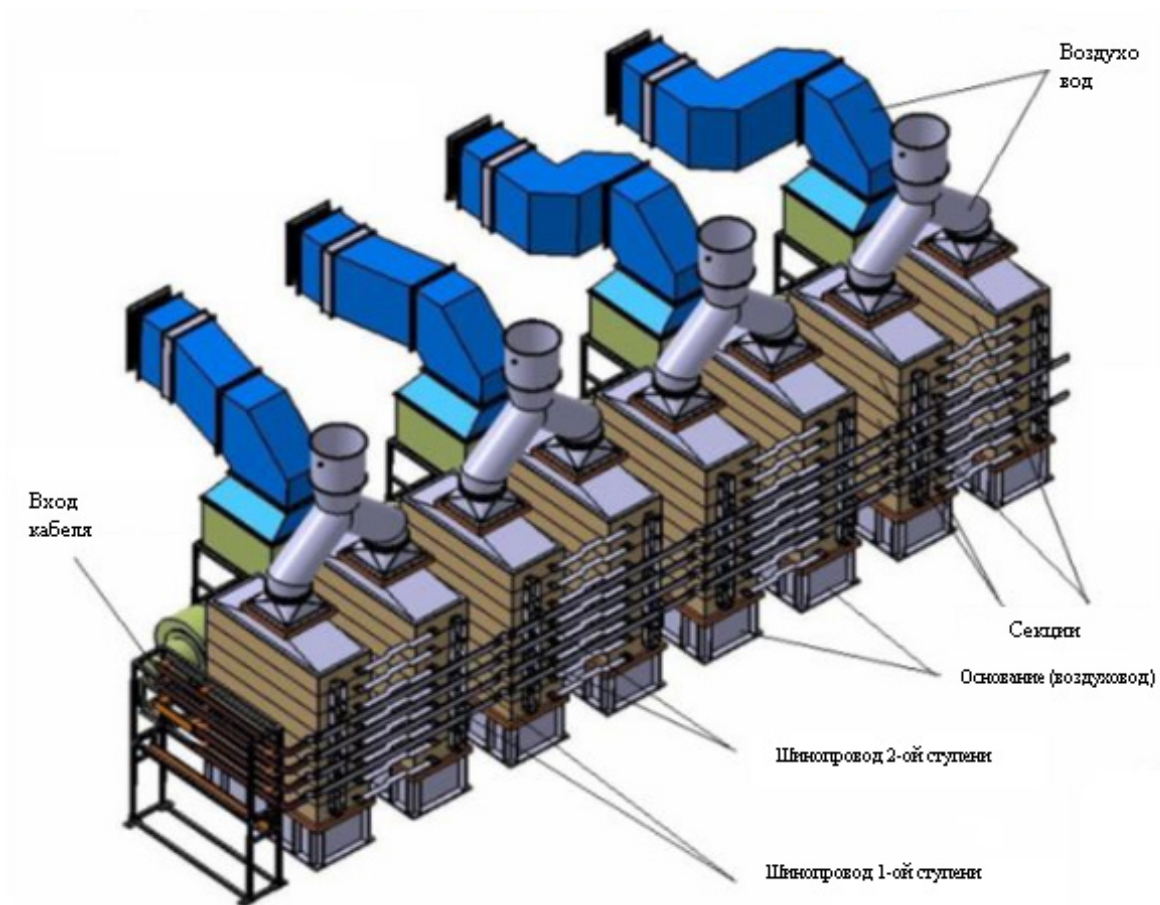


Рис. 5. Резистор SNR

Явление скин-эффекта

Физическое явление, которое заключается в неоднородном распределении плотности переменного тока по сечению проводника, называется скин-эффектом. У поверхности проводника она достигает наибольшего значения, а углубляясь к центру проводника, она уменьшается. При очень больших значениях частоты ток протекает практически только в тонком поверхностном слое (рис. 6).

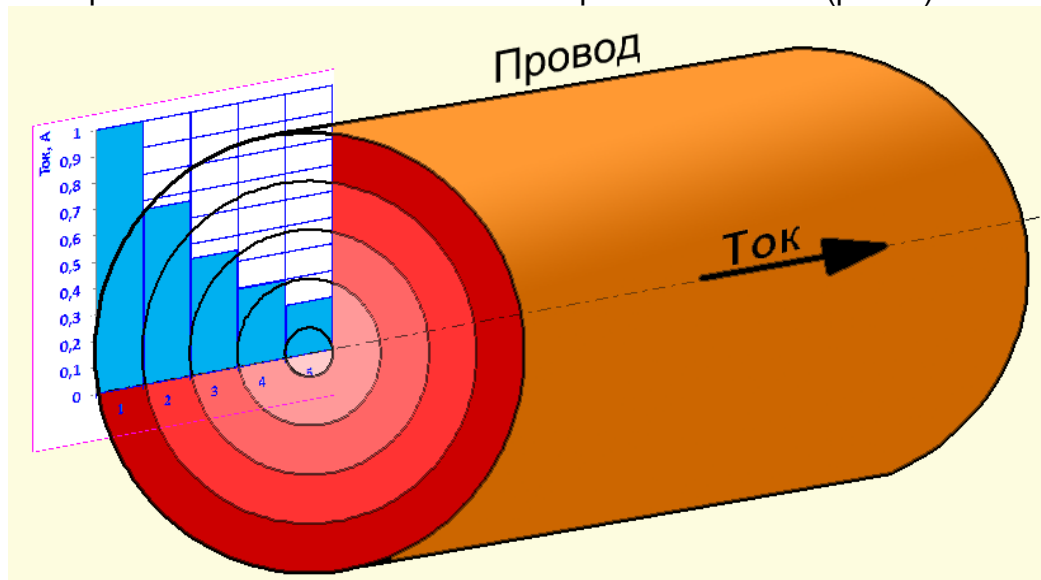


Рис. 6. Распределение электрического тока в проводнике при скин-эффекте

Этот эффект присутствует на любой частоте, но проявляется особенно заметно на высоких частотах. В обоих случаях, и при уменьшении, и при усилении тока, вихревое электрическое поле будет препятствовать на оси проводника и способствовать изменениям тока на поверхности, а значит, в глубине проводника переменный ток будет слабее, а на поверхности – сильнее. Электрический ток будет протекать исключительно сквозь поверхностный слой проводника в результате скин-эффекта. Такой характер протекания тока по проводнику приводит к увеличению его сопротивления и, соответственно, к уменьшению действующего сечения проводника.

Исследование энергопоглощающего резистора SNR

Исследование энергопоглощающего резистора SNR PF6 проходило в НИИЭФА (Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова. Измерения производились прибором Wayne Kerr, определяющим комплексное сопротивление на переменном токе, емкость, индуктивность, тангенс угла потерь, добротность и фазовый сдвиг.

Главной задачей исследования было определение частотных характеристик секции исследуемого резистора, а также вычисление скин-параметра и внешней индуктивности.

Проводились измерения в диапазоне частот от 100 Гц до 100 кГц для наблюдения характеристик на минимальных и высоких частотах.

Число точек задавалось 99 для получения результата, максимально близкого к теоретическому. Была выбрана методика исследования, основанная на 4-точечной схеме измерения, в которой измерительный прибор одновременно является источником сигнала и измерителем. Принцип действия этого прибора при 4-точечной схеме измерения заключается в одновременной подаче сигналов

различных значений и фиксации необходимых характеристик, зависящих от входных параметров. В результате проведения ряда измерений, были построены графики зависимости индуктивности от частоты (рис. 8) и сопротивления от частоты (рис. 9) резистивного элемента. Фото измерительного стенда приведено на рис. 7.

Глубина проникновения поля в металл существенно зависит от диэлектрической и магнитной проводимостей и частоты электромагнитного поля, при этом не зависит от толщины пластины резистивного элемента. На рис. 10 отображен график зависимости глубины проникновения от частоты и толщины пластины, которая помогает определить область проявления скин-эффекта.



Рис. 7. Испытательное оборудование-секция резистора SNR, прибор Wayne Kerr

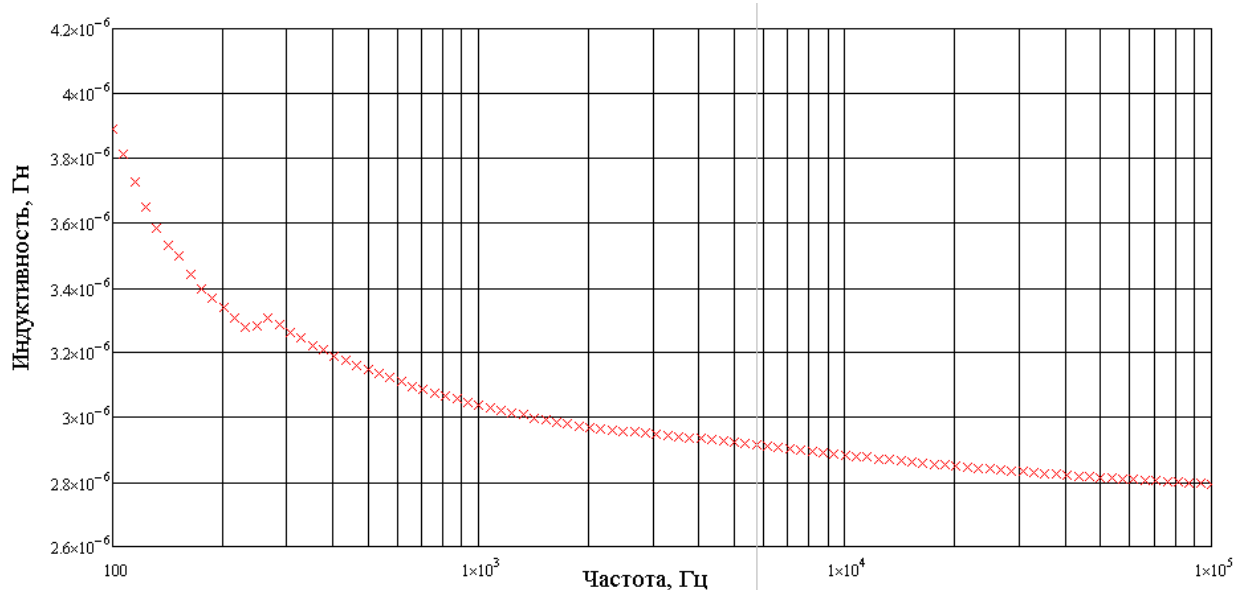


Рис. 8. График зависимости индуктивности от частоты, замеренный на секции резистора SNR PF6

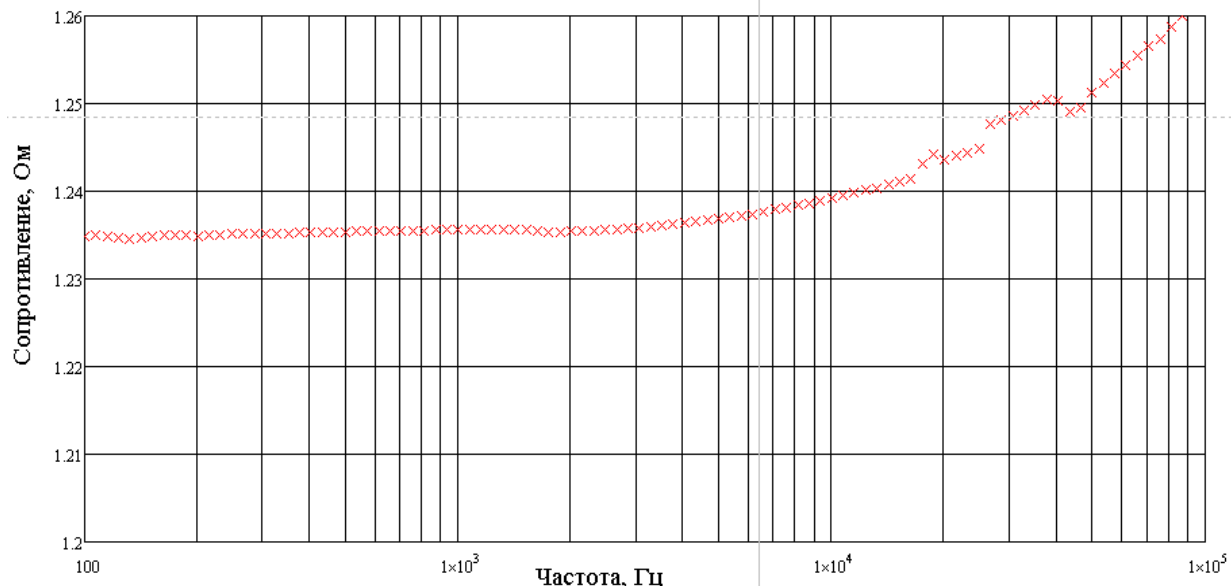


Рис. 9. График зависимости сопротивления от частоты секции резистора SNR PF6

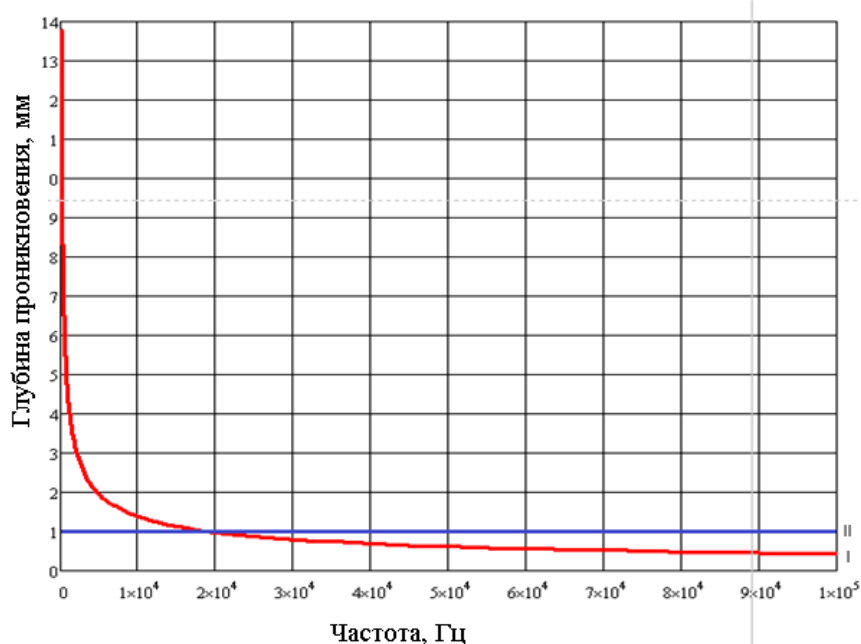


Рис. 10. График зависимости глубины проникновения поля (скин-слоя) от частоты: I – глубина проникновения, II – толщина пластины

Заключение

Разрядные резисторы SNR являются одним из основных элементов системы ITER и выполняют функцию обеспечения зажигания плазмы в начале каждого цикла работы токамака. Необходимость точного расчета процесса зажигания плазмы потребовала проведения подробного анализа физических свойств резистора, в частности снятия зависимости измерения индуктивности и сопротивления от частоты. Полученные в результате проведенного анализа данные позволили рассчитать скин-параметр и причины его возникновения.

В ходе работы была приведена теория явления скин-эффекта. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей математической обработ-

ки с целью получения параметров резистора для сравнения с требуемыми для системы ITER.

Как пример обработки полученных данных приведен график (рис. 10).

Библиографический список

1. Тарасов Н. С. Бакалаврская работа на тему // «Исследование скиновых характеристик модуля резистора оперативного вывода энергии ITER».
2. URL: www.iter.org (дата обращения: 26.02.2018).
3. URL: <https://www.iterrf.ru/> (дата обращения: 26.02.2018).
4. URL: <https://geektimes.ru/post/299509/> (дата обращения: 26.02.2018).
5. URL: <http://spacegid.com/iter-mezhdunarodnyiy-termoyadernyyi-reaktor-iter.html> (дата обращения: 26.02.2018).

УДК 004.853

А. А. Молодцова

ученица 10 «А» класса ГБОУ СОШ № 128 Санкт-Петербурга

А. А. Сапрыкин, Д. Р. Иванов – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ

Эволюционные алгоритмы – это раздел моделирования, использующий базовые положения биологической теории эволюции. Чарльз Дарвин, великий ученый в области естественных наук, выяснил, что в природе такие механизмы, как наследственность, изменчивость, естественный отбор и мутация, заставляют появляться новых, более пригодных к окружающей среде особей. Чем же теория Дарвина заинтересовала программистов? Идеей функционирования вычислительной системы по аналогии с законами эволюции в природе. Американский исследователь Джон Холланд заметил, что этот в некотором роде хаотичный механизм может помочь находить решения в вычислительных задачах, и предложил модели эволюции в качестве механизма перебора вариантов решения в 1960 г.

Общая схема работы эволюционных алгоритмов выглядит следующим образом:

1. Создается исходная популяция (множество особей, каждая из которых может быть решением). Это осуществляется случайным заданием параметров оптимизации.

2. Каждая особь проверяется на возможность быть наилучшим решением. Для этого используется функция приспособленности, определяющая критерии успешности решения задачи и жизнеспособность решения.

3. Формируется новая популяция. Выбираются наиболее приспособленные родители из предыдущей популяции. Этот пункт действует на основе естественного отбора: лучше приспособленные особи путем размножения отдают свои гены следующему поколению. Для нахождения решения применяются также операторы мутации, кроссинговера (скрещивание лучших наборов параметра варианта решения).

4. Проверяется критерий остановки алгоритма. Если результат достигнут, то сохраняется лучшая особь текущей популяции как решение. Если удовлетворяющий результат не достигнут, то переходят к шагу 3 и повторяют цикл, либо алгоритм останавливается, но при условии, что количество поколений достигло заранее выбранного максимума или исчерпано время на работу алгоритма.

Понятие «Эволюционные алгоритмы» содержит в себе несколько направлений. Среди них выделяются эволюционное программирование, генетические алгоритмы, эволюционные стратегии и генетическое программирование. Все эти методы возникли независимо друг от друга, но для них характерен перечень общих свойств: создание множества решений, применение к ним операторов, зависимость последующей популяции только от предыдущей, преобразование наиболее приспособленных особей. Происходят последовательные шаги, сходящиеся к оптимальному решению. Рассмотрим три главных направления (раздела) эволюционных алгоритмов. Генетические алгоритмы – это методы поиска решения, основанные на случайном подборе, комбинировании, вариации искомым параметров. Эволюционные стратегии – это методы поиска решений, схожие с генетическими алгоритмами. Отличием является передача в следующее поколение только положительных мутаций (в их результате происходят только улучшения). Эволюционное программирование – это программирование, основанное на случайной изменчивости и отборе, в результате которого

получается конечный автомат. Все эти алгоритмы моделируют естественный отбор, мутацию и воспроизводство. Значительную разницу между генетическим алгоритмом и эволюционной программой иллюстрируют рис. 1 и 2. Главные различия направлений эволюционных алгоритмов: способ задания особи, последовательность применения операторов, постоянства и изменения параметров.

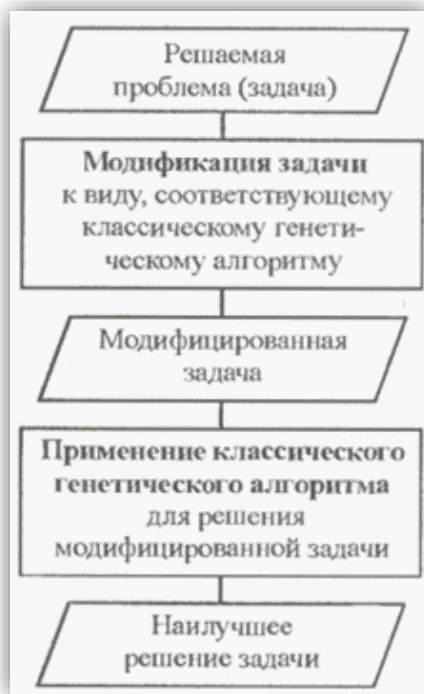


Рис. 1. Решение задачи с помощью генетического алгоритма

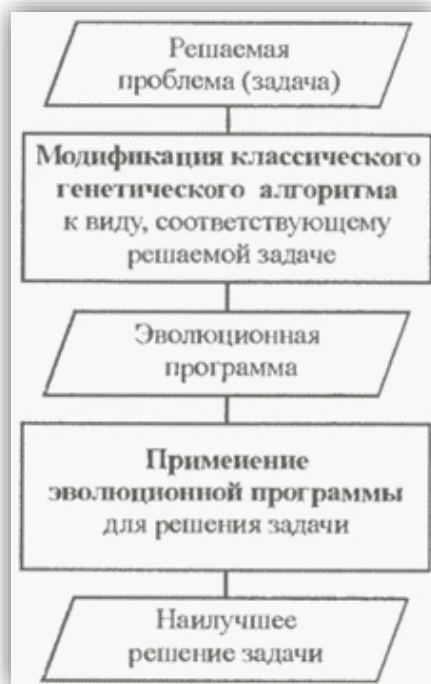


Рис. 2. Решение задачи с помощью эволюционной стратегии

Обратим внимание на используемые для изменения популяции операторы. Первый оператор – это оператор отбора или селекции. При этом отбирается оптимальная популяция для дальнейшего размножения. Второй оператор – скрещивания. Он распространяет «благоприятные» гены (оптимизированные параметры) по популяции. Скрещивание производят между двумя лучшими особями, выбранными первым оператором. Третий оператор – оператор мутаций, меняющий произвольное число элементов в особи на другие произвольные, подходящие нашему решению.

Любая система имеет свои преимущества и недостатки. Эволюционные алгоритмы не исключение. Главный плюс эволюционных алгоритмов – оперирование одновременно многими параметрами. Говоря о преимуществах, также следует отметить, что эволюционные алгоритмы не требуют упрощения модели объекта, продолжают работу до истощения ресурсов, характеризуются ясностью схемы, пригодностью поиска в сложном пространстве решений больших размеров. Недостатки: невозможность гарантирования нахождения глобального решения, нужда в проверке множества неверных гипотез, а также в произведении большого количества вычислений. Но в современном мире последний минус практически исчерпан за счет многоядерности процессоров.

Трудность в создании вычислительных систем заключается в том, что наши действия обладают четкой направленностью, а природа, на основе которой строятся системы, хаотична. Эволюция не направлена на фиксированную цель, она движется в любом доступном направлении. Тем не менее, эволюционные алгоритмы надежно функционируют при сложном рельефе функции и с вероятностью 98% не могут сойтись к локальному оптимуму.

Эволюционные алгоритмы применяются там, где велико пространство поиска; задача не требует нахождения глобального решения, хотя это возможно, т. е. в ситуациях, когда нужно быстро и просто найти приемлемое решение, лучшее некоторой заданной величины. Примеры задач, в которых используются эволюционные алгоритмы:

- оптимизация запросов базы данных;
- разнообразные задачи на графах;
- составление расписаний;
- поиск маршрута;
- игровые стратегии.

Более узкими сферами, в которых работают эволюционные алгоритмы, могут послужить следующие модели: команда роботов для разминирования территории, нейросетевой игрок в шашки, автопилот и многое другое.

Разберем решение задачи коммивояжера, в которой будем пытаться отыскать самый короткий маршрут при помощи эволюционных алгоритмов. Условие: координаты девяти городов. Найти: кратчайший путь между ними. Первым шагом формируется случайным образом популяция путем составления нескольких последовательностей. Далее проверяется приспособленность каждой особи предполагаемого решения к нашему параметру – кратчайший путь. Такой цикл продолжается до перебора всех возможных вариантов и нахождения самого короткого пути между городами.

Итак, в чем же актуальность эволюционных алгоритмов, их конкурентоспособность? Во-первых, они преодолевают трудности, присущие классическим оптимизированным методикам: неопределенность за счет прямого поиска, вычислительную сложность. Таким образом, эволюционные алгоритмы обладают высокой размерностью, нелинейностью, многоэкстимальностью. Во-вторых, на основе алгоритмов разработаны современные действенные программные системы, поз-

воляющие решать задачи моделирования и параметрической оптимизации сложных технических систем. В-третьих, эволюционные алгоритмы создают решения, подражая законам отбора биологических организмов на Земле, что совмещает мир природы и мир техники. В-четвертых, эволюционные алгоритмы используются для интерактивного управления процессом. В этом и заключается их практическая значимость. Эволюционные алгоритмы сейчас можно применять практически везде. Главное – поставить задачу и запрограммировать реализацию модели.

Библиографический список

1. URL: <https://nplus1.ru/material/2016/07/06/evodevo>. (дата обращения: 02.03.2018).
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 452 с.
3. URL: <https://www.mql5.com/ru/articles/2225> (дата обращения: 15.03.2018).

УДК 623.746

А. Д. Паршин

ученик 9 класса ГБОУ № 606 Санкт-Петербурга

К. Д. Крестовников – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНОГО ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ БПЛА**

Современные разработки в сфере беспроводных зарядных устройств предназначены для питания мобильных устройств. Передаваемая мощность достигает 15 Ватт. Благодаря данной разработке БПЛА может находиться в воздухе над зарядной платформой, не нуждаясь в посадке, для зарядки аккумуляторной батареи. Главная задача беспроводного зарядного устройства для БПЛА – обеспечить беспилотному летательному аппарату бесконтактное питание с хорошими показателями передаваемой мощности и КПД. Существует несколько принципов беспроводной передачи энергии:

1. *Индукционная передача энергии.* Принцип индукционной передачи энергии: ток, проходящий через передающую катушку, индуцирует магнитное поле, которое, сцепляясь с витками приемной катушки, создает в ней ЭДС индукции. Схема принципа работы индукционной связи показана на рис. 1. Благодаря индукционной связи энергия передается из одной области в другую с помощью магнитного поля. Таким образом, эффективное зарядное расстояние находится в пределах 20 см [1].

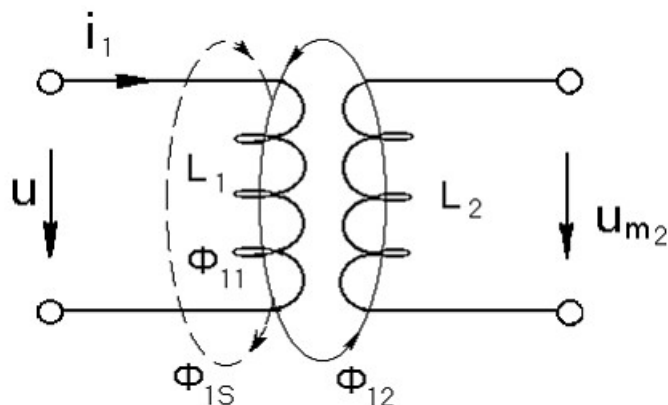


Рис. 1. Схема индукционной связи

2. *Емкостная передача энергии.* Емкостная передача энергии представляет собой конденсаторную или электрическую связь между контурами при помощи конденсатора, общего для двух контуров. Данный принцип передачи энергии позволяет передавать энергию из одного контура в другой через электрическое поле. В схеме (рис. 2), напряжение первого контура действует через емкостную связь на второй контур и создает в нем ЭДС.

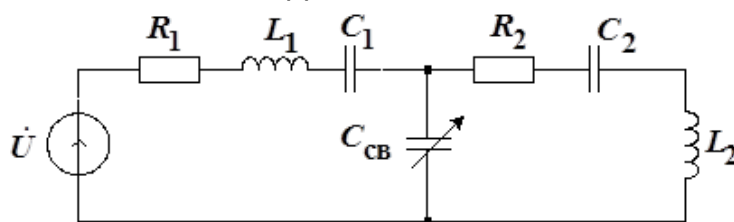


Рис. 2. Емкостная связь

3. *Магнитно-резонансная передача энергии.* Магнитно-резонансная передача энергии использует электромагнитную волну, которая генерируется передающей частью устройства и передает электрическую энергию в приемную часть. Связь осуществляется между двумя резонансными контурами, настроенными на одну частоту. Магнитно-резонансная передача энергии может быть использована между одним передающим и несколькими принимающими резонансными контурами. Таким образом, можно питать энергией несколько устройств. Схема принципа работы магнитно-резонансного способа передачи энергии показано на рис. 3.

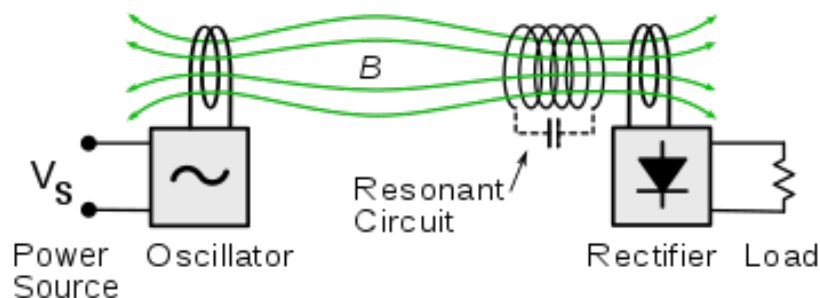


Рис.3. Принцип магнитно-резонансной передачи энергии

Сравнение различных способов беспроводной передачи энергии приведено в таблице.

Преимущества и недостатки различных способов беспроводной передачи энергии

Способ беспроводного питания	Преимущества	Недостатки	Расстояние от источника до потребителя
Индукционная передача энергии	Безопасна для человека, проста в использовании. Высокая эффективность при малых расстояниях	Малое зарядное расстояние, требуется тесный контакт между приемником и зарядным устройством	Непосредственное соприкосновение до нескольких сантиметров
Емкостная передача энергии	Отсутствие магнитных полей	Может вызвать помехи в других устройствах. Небольшая зарядная дистанция	Несколько сантиметров
Магнитно-резонансная передача энергии	Возможность заряжать несколько устройств одновременно. Высокая эффективность в широком диапазоне расстояний. Отсутствие прямой видимости между приемной и передающей частями устройства	Высокий уровень электромагнитного излучения в диапазоне рабочей частоты. При высоких мощностях опасна для живых организмов	От нескольких сантиметров до 10 метров

Виды зарядных устройств

Qi – Qi включает в себя передатчик и совместимый приемник в подключаемом устройстве. При использовании подключаемое устройство размещают на площадке передатчика [2]. Зарядка происходит за счет индукционной передачи энергии. В основе стандарта Qi лежит принцип электромагнитной индукции между двумя плоскими катушками. Одна из них является базой и подключается к источнику энергии, а вторая находится внутри заряжаемого устройства и является приемником. Стандарт Qi имеет 2 поколения: низкой мощности – до 5 Вт и средней мощности – до 10 Вт. Предназначен для передачи энергии на расстояния до 4 см.

Rezence – система Rezence состоит из одного блока передатчика (PTU) и одного или нескольких блоков приемника (PRU). Поддерживает передачу мощности до 50 Вт на расстояние до 5 см. Частота передачи энергии составляет 6,78 МГц. До восьми устройств могут питаться от одного передатчика. От расположения передатчика и приемника, зависит уровень передаваемой мощности. Передача энергии основана на принципе магнитного резонанса [3].

PMA – В данном стандарте используется принцип индукционной передачи энергии как и в стандарте Qi. Система первого поколения рассчитана на передачу мощности до 5 Вт, и имеет одну передающую и принимающую катушки. Во втором поколении мощность увеличена до 15 Вт и передатчик имеет несколько катушек. Система работает в диапазоне частот 277–357 кГц [4].

Разработка компании Freescale Semiconductor – позволяет заряжать устройства мощностью 15 Вт, что в три раза больше, чем у большинства беспроводных зарядных устройств. Система состоит из чипа MWCT1012, управляющего контуром передачи энергии, и второго чипа – WPR1516 – отвечающего за работу приемной части устройства. Совместимо с наиболее популярным стандартом беспроводной зарядки Qi. [5]

Система беспроводной зарядки мобильных роботов – состоит из принимающей и передающей катушки, которые выполнены плоскими спиралевидными и имеют одинаковые геометрические размеры. Принимающий и передающий резонансные контуры настроены на одну частоту. Малые потери на транзисторах автогенератора позволяют отказаться от дополнительных теплоотводов и сделать устройство компактным. Может передавать энергию с малыми потерями КПД на расстоянии до 1,5 см. Способна передавать до 80 Вт на расстоянии 5,2 мм.

Вывод

Средняя емкость аккумулятора БПЛА составляет примерно 4,5 Ач. Таким образом, для зарядки с минимально разумным количеством времени аккумулятора БПЛА потребуется не менее 15 Вт. Данным критериям лучше всего удовлетворяют Rezence и разработка компании Freescale Semiconductor и система беспроводной зарядки мобильных роботов. Rezence способна заряжать аккумулятор БПЛА за 2 часа, а разработка компании Freescale Semiconductor за 4 часа. Система беспроводной зарядки мобильных роботов может зарядить аккумулятор БПЛА примерно за 1 час. PMA и Qi не удовлетворяют критериям беспроводного зарядного устройства для БПЛА. Они способны заряжать аккумулятор БПЛА в течение 14–16 часов.

Библиографический список

1. Wei X., Wang Z. and Dai H. A Critical Review of Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances // Energies. 2014. № 7.

2. Сайт Elektrik INFO. Стандарт беспроводного питания электронных устройств Qi. URL: <http://elektrik.info/main/news/786-standart-besprovodnogo-pitaniya-elektronnyh-ustroystv-qi.html> (дата обращения: 12.03.2018).

3. Сайт wikipedia.org. Rezence (Wireless charging standard). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rezence_\(wireless_charging_standard\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Rezence_(wireless_charging_standard)) (дата обращения: 12.03.2018).

4. Крохта А. И. Разработка беспроводного зарядного устройства. Новосибирск. 2016. С. 38–40.

5. Сайт cnews.ru. Freescale Semiconductor. URL: http://www.cnews.ru/news/top/novoe_reshenie_sokratit_vremya_besprovodnoj (дата обращения: 12.03.2018).

УДК 681.5

Н. С. Петроваученица 11^а класса, лицей № 378 Санкт-Петербурга**Ю. В. Цыбульская** – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

УМНЫЙ ДОМ. СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Принято считать, что концепция «Умный дом» (от англ. *Smart House*) берет свое начало в середине прошлого века, но из-за высокой стоимости реализации подобные проекты не получили широкого распространения. Ситуация в корне изменилась с развитием электроники, и в настоящее время такие системы хоть все еще не внедряются повсеместно, но уже и не воспринимаются как диковинка [1].

Сейчас под умным домом (*Intelligent Building*) следует понимать систему, которая должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в здании, и соответствующим образом на них реагировать: одна из систем может управлять поведением других по заранее выработанным алгоритмам (сценариям).

Система умного дома включает в себя следующие системы:

- система отопления, вентиляции и кондиционирования;
- охранно-пожарная сигнализация, система контроля доступа в помещения, контроль протечек воды, утечек газа;
- система видеонаблюдения;
- сети связи (в том числе телефон и локальная сеть здания);
- система освещения;
- механизация здания (открытие/закрытие ворот, жалюзи, шлагбаумов и т. п.);
- управление аудио-, видеотехникой, домашним кинотеатром и т. д.;
- телеметрия – удаленное слежение за системами;
- IP-мониторинг объекта – удаленное управление системами по сети;
- GSM-мониторинг – удаленное информирование об инцидентах в доме и управление системами дома через телефон);
- система электропитания здания (общественные и автономные источники) [2].

Система контроля «Умный дом» состоит из следующих элементов:

- контроллер умного дома;
- модули расширения и связи (коммутаторы, роутеры, GPS/GPRS-модули);
- элементы коммутации электрической цепи (реле, блоки питания, инверторы);
- измерительные приборы, датчики и сенсоры (движения, температуры, света и др.);
- элементы управления системой (пульта, сенсорные панели, КПК, планшеты);
- исполнительные механизмы (клапаны воды, вентиляции, газа, роллеты и т. д.).

Контроллер умного дома – это аппарат, который руководит всеми приборами. Руководствуется контроллер показаниями датчиков температуры, воздуха, света для контроля систем освещения, обогрева, кондиционирования. Контроллер может быть запрограммирован на совершение различных действий по временному графику. Кроме автономного режима, с контроллером можно связаться через специальный интерфейс и управлять приборами вручную.

Системы интеллектуального управления зданиями создаются ради выполнения трех основных задач: комфорта обитателей жилья, их безопасности и экономии средств на эксплуатацию самого дома. В условиях энергетического и финансового кризисов последняя задача постепенно выдвигается на первый план. Датчики и контроллеры, используемые для построения умного дома, стоят недешево. Однако комплексный подход к оптимизации потребления энергоресурсов решает болезненную проблему высоких затрат на эксплуатацию здания и в конечном итоге оказывается рациональным решением.

Пожалуй, одной из самых интересных систем в автоматизированном здании является оборудование, предназначенное для экономии энергии.

Экономия электричества в доме осуществляется за счет того, что освещение в умном доме автоматически отключается, как только человек покидает помещение. Эта мера позволяет снизить расход энергии на 40%. Кроме того, бытовые приборы могут находиться в режиме ожидания, не потребляя при этом энергии. Как только жильцы покидают дом, приборы автоматически отключаются, что служит не только гарантом экономии электричества, но и делает пользование умным домом безопаснее, так как исчезает риск того, что вы забудете выключить утюг или кухонную плиту.

Помимо этого, система осуществляет контроль состояния электропроводки, поэтому скрытая проводка в деревянном доме перестанет быть источником потенциальной опасности. Как только ее целостность будет нарушена, комплекс проинформирует об этом владельцев, а также предпримет соответствующие меры. А ведь от состояния электропроводки напрямую зависит срок службы бытовых приборов и других приспособлений [3].

По тем же принципам производится контроль потребления тепла, что дает возможность снизить количество использованного теплоносителя. Умное отопление может быть экономичным, но при соблюдении ряда условий. Так, на температуру в доме влияет не только погода за окном, но и другие факторы, а именно: теплопроводность стен и потолков; качество установленных в доме окон; качество и защита входной двери; способ подачи тепла; тип отопительной системы; наличие сырости, сквозняков и т. д.

Даже самая умная система не будет работать с должной эффективностью, если не устранить причины, приводящие к потере тепла. Если стены недостаточно защищены, система отапливает воздух, а вы теряете средства, затрачиваемые на ее работу.

Для того чтобы процесс отопления был более эффективным, площадь дома делится на конкретные температурные зоны и уже для них задается программа работы приборов. Скажем, жилая зона будет получать тепло более активно, гараж, коридор или тамбур будут отапливаться с меньшей интенсивностью. Это еще один способ снизить расходы на работу системы.

Важным условием эффективной работы системы является наличие температурных датчиков не только внутри дома, но и за его пределами. Благодаря тому, что отопительная система может соотнести температуру внутри и снаружи, она может задать оптимальный темп работы [4].

Наиболее распространенным способом электро- и теплоснабжения умного дома являются общественные сети. У этих сетей есть неприятная особенность – периодические отключения.

Гарантией работы всех систем в умном доме является бесперебойное электропитание. Ведь в момент отключения централизованного электроснабжения не сработает даже пожарная сигнализация. Именно поэтому важно обеспечить дополнительные источники электропитания.

Современные системы бесперебойного электропитания в умном доме включают в себя аккумуляторные батареи, бензиновые или дизельные генераторы, зарядные устройства и преобразователи напряжения (рис. 1).

Представим, что в доме отключили свет. Система автоматически переходит в режим аварийной работы. Записываются показания со всех датчиков, и, когда электроэнергия будет подана в 100%-ном объеме, все возвращается в состояние «как до отключения».

Далее система голосом оповестит вас о том, что произошло отключение. Если же дома никого нет, то система отправит СМС-сообщение или сама позвонит пользователю на мобильный телефон. На аккумуляторах бесперебойного питания система продолжит работать и поддерживать потребителей электроэнергии особой группы I категории: холодильник, системы отопления и пожаротушения, аварийное освещение, системы безопасности. В случае продолжительного отсутствия электричества система автоматически запускает генератор. I категория потребителей будет запитана от генератора, II категория потребителей будет запущена только после полного включения электроэнергии. От скачков напряжения, импульсных помех электроприборы и другое оборудование в доме могут защитить дифференциальные автоматы, сетевые фильтры, устройства защитного отключения [5].



Рис. 1. Система «Умный дом»

Для обеспечения независимости от общественных сетей, а также в свете современной борьбы за экологию очень интересна концепция умного дома с автономным энергоснабжением. Такая система предназначена для контроля энергоснабжения, а также обеспечения пользователей собственным источником энергии для дома в условиях плохого электроснабжения или его отсутствия [6].

Главная составляющая автономного энергообеспечения такой системы – солнечные батареи и солнечные коллекторы (рис. 2). Получаемая с их помощью электрическая и тепловая энергия используется для бытовых нужд дома, как напрямую, так и для накопления в аккумуляторных батареях и бойлерах с целью последующего использования при отсутствии солнечной активности.

Экологическая чистота и бесшумность – основные преимущества солнечных источников энергии.

Солнечная батарея и солнечный коллектор – две принципиально разные технологии, предназначенные для решения разных задач. Первые преобразовывают солнечную энергию в электрическую, вторые – в тепловую.

Стоит заметить, что эффективность солнечных батарей пока не очень высока – около 15%. Одна фотоэлектрическая солнечная батарея занимает немного места – 1·1,5 м. Однако, чтобы выработать 2 кВт энергии, нужно установить 10 таких панелей. Солнечный же коллектор – это, по сути, циркулятор низкотемпературного теплоносителя, т. е. водонагреватель. В него входит холодная вода, а выходит горячая, нагретая солнцем. Ориентировочный КПД коллекторов составляет порядка 70–85%. Используя коллекторы, можно на 10–15% уменьшить расходы на отопление и до 70% – на горячее водоснабжение [7].

Совместно с солнечной батареей может быть использован ветрогенератор, тогда получится гибридная ветро-солнечная электростанция.

Понятно, что для оптимизации возможностей систем необходимо использование автоматического регулирования энергопотребления и энергоснабжения для наиболее эффективного и оптимального применения генерирующего и потребляющего оборудования.



Рис. 2. Применение солнечных батарей для системы энергоснабжения дома

Кроме ветро- и гелиоэнергетики существует еще несколько видов альтернативных экологичных источников энергии, которые сейчас очень мало применяются, но в будущем, надеюсь, получат развитие и заменят бензиновые и газогенераторы:

- биотопливо;
- гидроэнергетика;
- грозовая энергетика;
- космическая энергетика [8].

Библиографический список

1. Asutpp. Автоматизация и электрика. URL: <https://www.asutpp.ru/elektrika-v-kvartire/sistema-umnyj-dom.html> (дата обращения: 15.03.2018).
2. Чижова К. Ю. Информационные технологии. Вопрос 53. Концепция «Умный дом» в индустрии гостеприимства. URL: http://itworld.ucoz.ru/index/vopros_53/0-36 (дата обращения: 18.03.2018).
3. Домострой. URL: <http://dm-st.ru/m-st3/enjergosbjerjezhjenije-v-umnom-domje.html> (дата обращения: 20.03.2018).
4. Строим Сами. URL: <http://dom-dacha-svoimi-rukami.ru/otoplenie/umnoe-otoplenie-v-dome.html> (дата обращения: 21.03.2018).

5. FORUMHOUSE. URL: <https://www.forumhouse.ru/articles/engineering-systems/5614> (дата обращения: 28.03.2018).

6. Развитие науки. URL: <http://v-nauke.ru/?p=1566> (дата обращения: 22.03.2017).

7. Mainstro. URL: <http://mainstro.ru/geliosistema-i-solnechnye-batarei/> (дата обращения: 22.03.2017).

8. ФЕКО. URL: <https://feko.com.ua/obzory-i-stati/vidy-alternativnyh-istochnikov-energii> (дата обращения: 31.03.2017).

УДК 004.032.26

А. К. Попов

ученик 11-1 класса ГБОУ Лицей № 384

Л. О. Будко – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это математическая модель и ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [1]. Основным преимуществом нейронных сетей является то, что они позволяют решать задачи, которые оказываются слишком сложными для обычных технологий. Имеются в виду задачи, которые не имеют алгоритмического решения, или для которых алгоритмическое решение является очень сложным, чтобы его можно было определить аналитически. Нейронные сети хорошо подходят для решения задач, которые успешно решают люди, но не могут объяснить, как они это делают [4].

Ученые занимаются разработкой искусственных нейронных сетей более 70 лет. Началом истории нейросетей можно считать 1943 г., когда была разработана компьютерная модель нейронной сети, сочетающая в себе математические алгоритмы и теорию деятельности головного мозга. Такая модель была названа «пороговой логикой». Создатели модели показали, что подобная нейронная сеть может выполнять почти любые числовые и логические операции. Также они выдвинули предположение, что она способна самостоятельно обучаться и распознавать образы. Однако в те годы прогресс не мог дать те вычислительные мощности, которые нужны для работы ИНС, ведь идея нейронных сетей заключается в том, чтобы максимально близко смоделировать работу нервной системы, а точнее, ее способности к обучению и исправлению ошибок. По сути, это главные особенности любой нейронной сети, которые требуют очень большого количества вычислений за достаточно короткое время, ведь сеть способна самостоятельно обучаться и действовать на основании предыдущего опыта, с каждым разом делая все меньше ошибок. Поэтому как раз в XXI в. из-за развития графических процессоров, т. е. видеокарт, а также из-за разработки нового метода построения сетей ИНС снова начали обретать популярность, а, следовательно, усиленно развиваться. Особенно заметно развитие нейронных сетей стало в последние несколько лет. Примерами могут послужить такие приложения, как Ostagram, Vinci и другие, суть которых заключается в обработке изображений. Такие развлекательные сервисы создаются скорее для демонстрации способностей нейронной сети и проведения ее обучения.

Нейросети – одно из направлений в разработке систем искусственного интеллекта, поэтому использовать их можно при решении задач, которые требуют сложных аналитических вычислений, подобных тем, что обрабатывает мозг человека [2].

Что представляет собой нейронная сеть? Она имитирует деятельность и структуру нервной системы человека. Такая сеть состоит из большого числа отдельных вычислительных элементов – нейронов, каждый из которых обычно относится к определенному слою сети. Входные данные последовательно проходят обработку на всех слоях сети. Трудоемкая и длительная часть процесса разработки нейронной сети – ее обучение. Для того чтобы нейронная сеть могла кор-

ректно решать поставленные задачи, ее требуется натренировать, подав ей на вход большое количество наборов данных. Обучение нейросети, как правило, длительный и непростой процесс, однако уже обученная и натренированная ИНС может довольно быстро выполнять свою задачу.

Рассмотрим нейронную сеть подробнее. Главным образом ИНС состоит из вычислительных единиц, которые получают информацию, производят над ней простые вычисления и передают ее дальше. Они делятся на несколько типов (рис. 1):

1. Входные (1).
2. Скрытые (2).
3. Выходные (3).
4. Смещения (5).

У каждого из нейронов есть два параметра: входные и выходные данные. У входных нейронов и у нейронов смещения эти параметры равны, но их различие в том, что у нейронов смещения эти параметры всегда равны 1. У всех остальных входными данными будет являться обобщенная информация всех нейронов предыдущего слоя. У ИНС есть входной слой, который получает информацию, некоторое количество скрытых слоев и выходной слой, который и выводит результат. Нейроны соединены с помощью синапсов (4). У синапсов есть один параметр – вес, благодаря которому входная информация обрабатывается и преобразуется в конечный результат. Нужно отметить, что во время инициализации нейронной системы веса синапсов расставляются случайно.

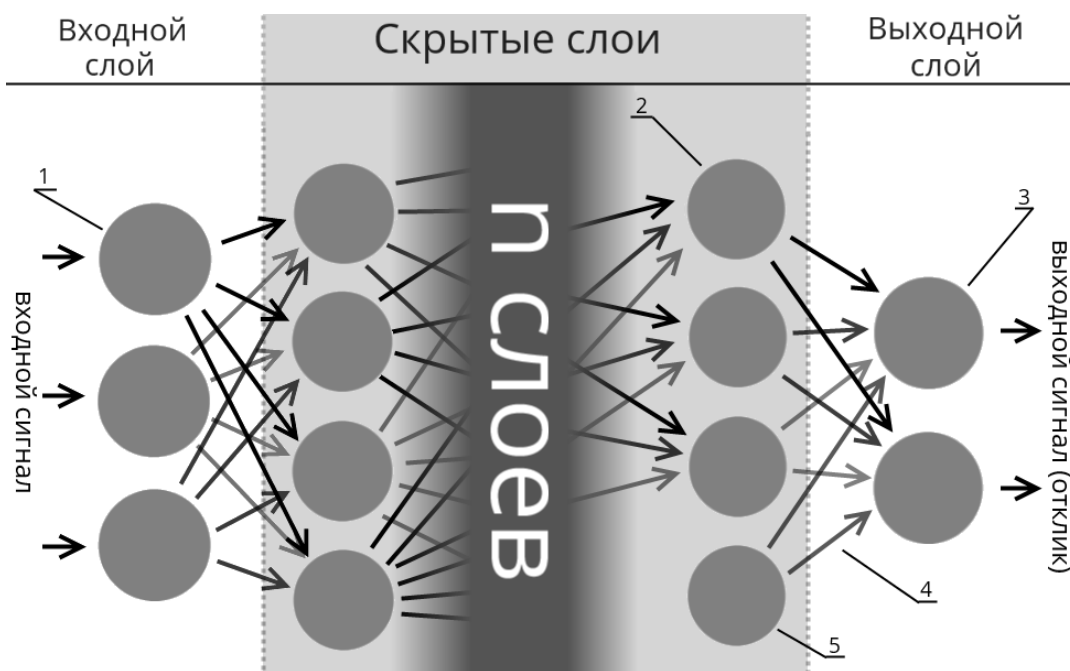


Рис. 1. Пример строения нейронной сети

В наше время нейросети применяются повсеместно. К числу задач нейронных систем относятся задачи распознавания образов и прогнозирования событий, в частности, нахождение тенденции изменения данных. В нынешние времена искусственный интеллект на основе нейронных сетей широко используется, к примеру, при анализе скрытых закономерностей для выявления в исторических данных таких шаблонов, которыми можно руководствоваться в будущем [4].

Некоторые сферы использования ИНС:

1. *Банковская сфера.* Анализ скрытых закономерностей в данных может применяться в банковском учреждении для определения характеристик потенциального злоумышленника среди заемщиков.

2. *Медицина.* К примеру, робот Da-Vinci, в основе которого как раз нейронные сети, позволяющие самостоятельно, но все равно под контролем человека, проводить хирургические операции. Из-за того, что работу выполняет очень четко откалиброванное оборудование, точность и, если так можно выразиться, аккуратность такого робота гораздо выше, даже чем у хирурга с большим опытом работы.

3. *Автомобилестроение.* Над беспилотными автомобилями, в основе работы которых, опять-таки, нейронные сети, сейчас работают большое количество компаний. К примеру, Volvo, Tesla, Toyota, Lada и многие другие. Такой вид транспорта пока еще находится на ранней стадии развития, поэтому позволить его себе могут только очень состоятельные люди, при всем этом пока особенной пользы от такой функции не будет из-за недоработанности технологии. Однако эта область достаточно перспективна, потому как количество пробок и аварий при использовании такого вида транспорта должно сильно снизиться.

4. *Автоматизация производства.* Нейросети позволяют выполнять такие важные функции, как контроль качества продукции, отслеживание огромного количества факторов, выполнение функции диспетчера и даже предупреждение аварийных ситуаций.

5. *Экономика и бизнес.* В этой области ИНС позволяют составлять прогнозы, к примеру, предсказание банкротства, автоматически торговать на валютных биржах, оценивать стоимость, допустим, недвижимости и др.

6. *Безопасность и охранные системы.* Благодаря нейронным сетям в этой области произошел огромный скачок. Теперь во многих странах мира преступнику будет почти невозможно скрыться, потому как при попадании его лица в поле зрения уличной видеокамеры нейросети распознают его лицо, о чем сразу узнают в органах [5].

7. *Криптография.* Нейросети можно применять как для шифрования данных, так и для криптоанализа [6].

8. *Авиация.* Уже сейчас производители внедряют новую технологию управления самолетами. Нейросети в режиме реального времени могут принимать такие решения, как:

- а) управление силовой установкой ЛА;
- б) управление взлетом, посадкой и маневрированием ЛА;
- с) обеспечение отказоустойчивости управления полетом ЛА;
- д) контроль и диагностика силовой установки ЛА;
- е) идентификация аэродинамических параметров ЛА, систем авионики, бортовых навигационных экспертных систем, систем управления воздушным и наземным движением ЛА;

- ф) диагностика и прогнозирование усталостного разрушения авиационных конструкций [7].

9. *Системы распознавания и синтеза речи.*

10. *Некоторые системы навигации.*

11. *Защита информационных систем от атак злоумышленников.*

12. *Помощь в выявлении незаконного контента в сети [3].*

13. *Системы выявления неполадок* (в том числе, предсказывающие время технического обслуживания), аномалий, киберфизических угроз.

14. *Системы видеоаналитики.*

15. *Управление производственными процессами и устройствами.*

16. *Появление систем универсального перевода в реальном времени для конференций.*

17. *Нейронные сети могут работать как память*, они запоминают признаки, части изображений. Это можно использовать для сжатия данных или в качестве хэш-функций.

18. Политика и реклама. В интернете сейчас повсеместно используются нейросети различной сложности. Зачастую их задача состоит в том, чтобы определить интересы пользователя и показать, к примеру, подходящий рекламный баннер или нужную новостную статью. Создатели некоторых социальных сетей открыто сообщают, что нейросети на их сайтах участвовали уже не в одних президентских выборах.

Основное преимущество нейронных сетей перед другими методами машинного обучения состоит в том, что они могут распознавать более глубокие, иногда неожиданные закономерности в данных. В процессе обучения нейроны способны реагировать на полученную информацию в соответствии с принципами генерализации, тем самым решая поставленную перед ними задачу.

Нейросети могут использоваться практически для чего угодно в силу своей универсальности. Сегодня на пике популярности находится программирование беспилотных автомобилей, в которых нейросети в режиме реального времени анализируют окружающую обстановку. IBM Watson из года в год открывает для себя все новые прикладные области, включая медицину. В Google существует целое подразделение, которое занимается непосредственно искусственным интеллектом. Это – комплексный инструмент, который в умелых руках может делать удивительные вещи. И у него еще все впереди.

Библиографический список

1. Материал из Википедии: "Искусственная нейронная сеть". URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть. (дата обращения: 29.03.2018).

2. Материал из Нейрунюс: "История возникновения нейронных сетей". URL: <http://neuronus.com/history/5-istoriya-nejronnykh-setej.html> (дата обращения: 28.03.2018).

3. Материал из vc.ru: "Бум нейросетей: Кто делает нейронные сети, зачем они нужны и сколько денег могут приносить". URL: <https://vc.ru/16843-neural-networks> (дата обращения: 28.03.2018).

4. Материал из libtime: "Основы нейронных сетей. Задачи нейронных сетей". URL: <https://libtime.ru/expertsystems/osnovy-nejronnyh-setey-zadachi-nejronnyh-setey.html> (дата обращения: 30.03.2018).

5. Ежов А. А, Шумский С. А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе. М.: МИФИ, 1998. 224 с. (дата обращения: 29.03.2018).

6. Материал из GeekTimes: "Некоторые (далеко не все) области применения нейронных сетей". URL: <https://geektimes.ru/post/286686> (дата обращения: 29.03.2018).

7. Бураков М. В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие. СПб., 2013. (дата обращения: 31.03.2018).

8. Материал из Habrahabr: "Что может и чего не может нейросеть: пятиминутный гид для новичков". URL: <https://habrahabr.ru/company/neurodatalab/blog/335238> (дата обращения: 30.03.2018).

УДК 629.73.064.5(075.8)

П. Н. Порецкая

ученица 10 класса МБОУ Коммунарская СОШ № 1

К. А. Кологрив – магистрант кафедры управления в технических системах – научный руководитель

САМОЛЕТ С ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Самолеты с преимущественно электрифицированным оборудованием – самолеты с воздушно-реактивным двигателем, которые максимально используют электричество для всех других систем воздушных судов. Идея состоит в том, чтобы значительно снизить расход топлива за счет повышения общей энергоэффективности, т. е. уменьшения веса самолета, уменьшения сопротивления с улучшенной аэродинамикой и оптимизацией профиля полета для использования меньшего количества топлива.

Концепция «Более электрического самолета» или «More Electric Aircraft» (MEA), появилась в 90-х гг., в исследовании которой принимали участие более 40 стран Евросоюза. Данный проект включал в себя следующие направления исследований: система кондиционирования воздуха, противообледенительная система крыла самолета, система управления полетом, новая архитектура системы электроснабжения самолета и электрифицированный авиадвигатель. Результатом работ явились разработки самолетов с повышенным уровнем электрификации: многоцелевой истребитель *Fantom 35*, пассажирские самолеты *Aierobus 380* и *Boeing 787* и др. [1].

В настоящее время на самолетах используют три вторичные энергетические системы: система электроснабжения, гидравлическая и пневматическая системы. Такое построение бортовой системы электроснабжения для перспективных летательных аппаратов не является оптимальным, так как требует существенных затрат на его эксплуатацию и вызывает значительные трудности при интеграции бортового оборудования. Рассмотрим самолет *Boeing767*, который имеет традиционную выработку энергии с использованием отбираемого воздуха, и его электрический аналог (см. рис. 1, а, б). Эти летательные аппараты имеют в своей архитектуре следующие отличия:

1. Снижение расхода отбираемого воздуха. Единственный отбираемый воздух для *B787* служит для защиты от обледенения обтекателя воздухозаборника двигателя. Это воздух вентилятора низкого давления, использующийся с гораздо меньшим потреблением, нежели воздух, извлеченный из компрессора двигателя.

2. Увеличенная выработка электроэнергии. Система генерирования электроэнергии *B787* генерирует 500 кВА, а *B767* – 120 кВА. Повышенная мощность требуется в основном для обеспечения энергией систем, которые не используют отбираемый воздух.

3. Запуск электродвигателя. *B787* использует электрический запуск (так как нет доступного воздуха).

Система электроснабжения

На самолете *B787* устанавливаются 4 основных генератора переменного тока мощностью 250 кВА каждый, приводящиеся во вращение от авиационных двигателей, и 2 генератора мощностью 225 кВА. Необходимые нагрузки для *B787*:

1. Система экологического контроля и давление. Отбираемый воздух для этих систем создается под давлением электрическими средствами (~500кВА).

2. Крыло с защитой от обледенения (рис. 1, б). Антиобледенение крыла должно обеспечиваться электрическими нагревательными матами (так как отбираемый воздух отсутствует), встроенными в переднюю кромку крыла (~100кВА).

3. Насосы электродвигателя (рис. 1, б). Некоторые из гидравлических насосов с приводом от двигателя заменены насосами с электрическим приводом (~400кВА).

Гидравлическая система

Влияние гидравлической системы на принятие электрических концепций можно увидеть, сравнивая конфигурации гидравлической системы для B767 и B787. Основные отличия:

1. Использование гидравлической системы с давлением 5000 фунтов на кв. дюйм, а не 3000 фунтов на кв. дюйм.
2. Удаление воздуха с отводом пневматического насоса.
3. Использование больших электродвигателей (примерно в 4 раза больше, чем предыдущие агрегаты).
4. Увеличение уровней электрической мощности.

Электрическая система экологического контроля

Отмена отбираемого воздуха означает, что компрессоры с электрическим приводом должны использоваться для герметизации кабины и обеспечения источника воздуха для системы экологического контроля. B787 оснащен двумя пакетами кондиционирования воздуха (с электрическим питанием). Каждый пакет имеет по два компрессора (один компрессор на один электродвигатель с электрическим приводом), каждый из которых управляется контроллером двигателя. Для каждого двигателя требуется около 125 кВА электроэнергии. Выходы компрессоров поступают в общий коллектор, охлажденный внешним воздушным потоком, перед подачей через первичный и вторичный теплообменники. Полученный холодный поток воздуха смешивается с рециркуляционным потоком воздуха для поддержания необходимой температуры в салоне. Несмотря на то, что мощность велика, воздух не извлекается из центрального сердечника двигателя. Также температура и давление подаваемого воздуха низки.

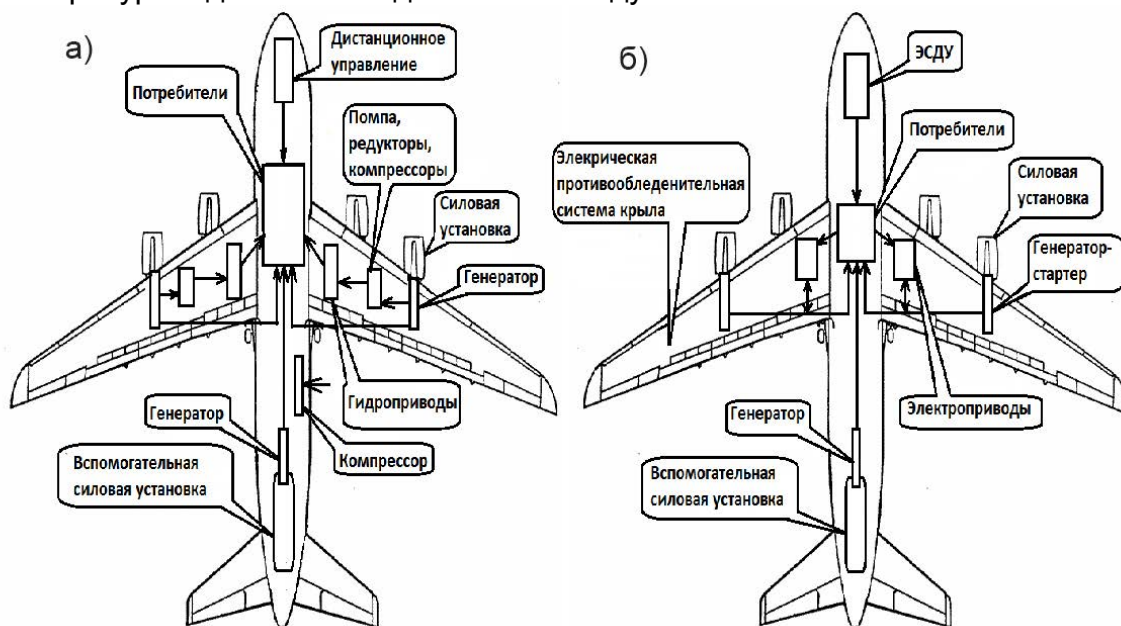


Рис. 1. Архитектура энергоснабжения и управления летательных аппаратов: а – «традиционная» схема; б – концепция MEA

Электрическая система экологического контроля несет меньшие потери энергии и отходы, нежели обычная система экологического контроля [2].

Библиографический список

1. Книга «Aircraft Systems. Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration» Third Edition/ Ian Moir, Allan Seabridge.
2. С. Воронович, В. Кутахов, В. Каргопольцев. Полностью электрический самолет // Авиапанорама, 2009. № 2.

УДК 621.3.051

С. В. Романов

ученик 10 класса ГБОУ СОШ № 200

Е. В. Лосев – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

С каждым годом человечество потребляет все больше энергоресурсов нашей планеты. На Земле их ограниченное количество и нерациональное потребление полезных ископаемых вскоре приведет к тому, что их вовсе не останется, а те, что останутся, будут находиться в труднодоступных и труднодоступных районах, где их добыча будет обходиться слишком дорого [1].

Энергосберегающие технологии – это методы снижения затрат на производство путем экономии энергии и снижения потребления ресурсов; технологии и аппараты, применяющие эти методы. К ним относятся аппараты:

- использующие энергию солнца;
- использующие энергию ветра;
- использующие геотермальную энергию;
- биоэнергетические установки;
- аморфные сплавы;
- сверхпроводящие кабели.

Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетике, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде [2].

Использование солнечной энергии представлено в четырех направлениях:

- фотовольтаика;
- гелиотермальная энергетика;
- солнечные азростатные электростанции;
- термовоздушные электростанции.

Фотовольтаика – получение электроэнергии с помощью фотоэлементов (солнечных панелей). Фотоэлементы хороши тем, что их можно разместить где угодно, куда попадает свет. В основном их располагают на крышах зданий или на какой-либо открытой поверхности, таким образом, получая больше солнечного света. Также есть солнечные панели с регулятором наклона, такие панели подстраиваются под солнце для достижения максимальной эффективности. Фотоэлементы работают по принципу испускания электронов веществом под действием света или любого другого электромагнитного излучения [8].

Гелиотермальная энергетика – нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи, и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой для последующего использования нагретой воды в отоплении или в паровых электрогенераторах) [1]. В качестве особого вида станций гелиотермальной энергетике принято выделять солнечные системы концентрирующего типа (CSP – Concentrated Solar Power). В этих установках энергия солнечных лучей с помощью системы линз и зеркал фокусируется в концентрированный луч солнца. Этот луч используется как источник тепловой энергии для нагрева рабочей жидкости, которая расходуется для электрогенерации по аналогии с обычными ТЭЦ или накапливается для сохранения энергии.

Термовоздушные электростанции преобразуют солнечную энергию в энергию воздушного потока, направляемого на турбогенератор.

Солнечные азростатные электростанции – генерация водяного пара внутри баллона азростата за счет нагрева солнечным излучением поверхности азростата, покрытой селективно-поглощающим покрытием. У солнечных азростатных электростанций есть существенное преимущество – запаса пара в баллоне достаточно для работы электростанции в темное время суток и в ненастную погоду.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве [1].

Использование энергии ветра, представлено в двух основных направлениях:

- использование горизонтально-осевых ветроэлектрических установок (ГОВЭУ);
- использование вертикально-осевых ветроэлектрических установок (ВОВЭУ)

Самым распространенным видом ВЭУ являются береговые горизонтально-осевые ветроэлектрические установки – ГОВЭУ. Как правило, такие ВЭУ оснащены тремя лопастями (существуют также много-, двух- и однолопастные ВЭУ), а их мощность может достигать 10 МВт. Мощность ГОВЭУ зависит, главным образом, от диаметра и высоты расположения ветроколеса (ротора) – лопастной системы ВЭУ, воспринимающей аэродинамические нагрузки от ветрового потока. Диаметр ветроколеса для крупных ВЭУ может достигать 100 м. С целью повышения эффективности работы ГОВЭУ оснащаются специальными устройствами ориентации на ветер. Ориентация на ветер крупных установок требует использования механизированных систем поворота ВЭУ.

Характеризуются ВОВЭУ более низкими по сравнению с ГОВЭУ начальными рабочими скоростями ветра. Кроме того, ВОВЭУ можно размещать намного ближе к поверхности Земли по сравнению с ГОВЭУ, а также достаточно близко друг к другу. Более того, существуют исследования, результаты которых показали, что определенная схема расстановки ВОВЭУ может повысить эффективность работы расположенных рядом установок. Кроме того, ВОВЭУ не требуют оснащения системами ориентации на ветер.

Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на производстве тепловой и электрической энергии за счет энергии, содержащейся в недрах Земли, на геотермальных станциях. В вулканических районах циркулирующая вода перегревается выше температуры кипения на относительно небольших глубинах и по трещинам поднимается к поверхности, иногда проявляя себя в виде гейзеров. Доступ к подземным теплым водам возможен при помощи глубокого бурения скважин. Больше, чем такие паротермы, распространены сухие высокотемпературные породы, энергия которых доступна при помощи закачки и последующего отбора из них перегретой воды. Высокие горизонты пород с температурой менее +100 °С распространены и на множестве геологически малоактивных территорий, потому наиболее перспективным считается использование геотерм в качестве источника тепла.

Биотопливо – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов. Различается жидкое (этанол, метанол, биодизель), газообразное (синтез-газ, биогаз, водород) и твердое (дрова, брикеты, топливные гранулы и т. п.) биотопливо. Самыми распространенными на сегодняшний день являются биоэтанол и биодизель. Биоэтанол – это жидкое спиртовое топливо, которое производится из сель-

хозпродукции, содержащей крахмал или сахар. Смесь бензина и этанола, известна под названием Е-10 [3]. Е-10 улучшает работу двигателя путем добавления 2–3 октановых единиц к детонационной стойкости топлива, препятствует перегреву двигателя, выполняет функцию антифриза. Биодизель – это метиловый эфир, получаемый в результате химической реакции из растительных масел и животных жиров. При работе двигателя на биодизеле одновременно производится смазка его подвижных частей, в результате которой продлевается срок службы двигателя в среднем на 60%. По сравнению с минеральным маслом, биодизель, как показывают опыты, при попадании в воду не причиняет вреда ни растениям, ни животным.

Что касается биоэнергетических установок, относительно недавно появились новые технологии выработки электроэнергии по циклу Ренкина [6]. Практическое применение нашли другие рабочие тела на основе органических соединений, и потому цикл получил название (Organic Rankine Cycle, ORC – технологии) органический цикл Ренкина. Основным различием между ORC и циклом Ренкина – Клаузиуса (обычная паровая турбина) является рабочее тело. В классической паровой турбине в качестве рабочего тела используется водяной пар. В установке с применением ORC водяной пар заменяется органическими телами с более низкой температурой кипения – таким образом, термодинамические процессы происходят при более низких температурах. Установка на основе ORC использует для выработки электроэнергии не только избыточное тепло от КГУ, но может работать и на возобновляемых источниках энергии, таких как биомасса и др., использовать геотермальную и солнечную энергию [7].

Аморфные сплавы (металлические стекла) – новый особый класс прецизионных сплавов, отличающийся от кристаллических сплавов структурой, способом изготовления, областью существования на температурно-временной диаграмме и свойствами [4]. В 60-х гг. эксперименты по быстрому охлаждению металлических расплавов, которые проводились с целью получения субмикроскопической структуры металла, обнаружили, что в некоторых случаях кристаллическая решетка в металле вообще отсутствует, а расположение атомов характерно для бесструктурного, аморфного тела. Структура аморфных сплавов подобна структуре замороженной жидкости и характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении атомов. Оказалось, что у аморфного металла совсем другие, не сходные свойства с металлом кристаллическим. Он становится в несколько раз прочнее, повышается его стойкость к коррозии, меняются электромагнитные характеристики.

Сверхпроводящие кабели (ВТСП кабели) – это кабели, в основе которых лежит эффект сверхпроводимости; ВТСП кабели позволяют увеличить в 3–8 раз мощность распределительных сетей без изменения напряжения в сетях. Основные преимущества силовых ВТСП кабелей следующие: высокая токовая нагрузка, малые потери в сверхпроводнике, экологическая чистота (отсутствие масел, минимальное электромагнитное и тепловое воздействие на окружающую среду), высокий уровень пожарной безопасности [5]. Из существенных недостатков можно отметить, что эффект сверхпроводимости работает лишь при экстремально низких температурах. Сверхпроводник охлаждают при помощи жидкого азота, который пускают по тем же кабелям, в связи с чем сильно повышается цена оборудования.

Внедрение большинства данных технологий на производства в настоящее время является целесообразным, с учетом рассмотрения на перспективу. Дело в том, что, к примеру, солнечные панели, эффективны не везде из-за поглощения при прохождении атмосферной массы Земли. Работа ветрогенераторов очень зависит от погодных условий, а ГОВЭУ и ВОВЭУ могут быть расположены далеко

не везде. А ВТСП кабели, в отличие от своих менее эффективных аналогов, стоят в разы дороже. В настоящее время, рассматриваются проекты, по внедрению ОРЦ модулей на предприятиях разного типа, с целью выработки электроэнергии и снижения затрат на ее производство. На крышах некоторых фабрик и заводов расположены фотовольтовые панели и ветрогенераторы. Вовсю идет разработка и внедрение ВТСП кабельных сетей. Проходят испытания сверхпроводниковых генераторов, что приводит к снижению стоимости оборудования и его повсеместному использованию.

Библиографический список

1. Энергосберегающие технологии. URL: <http://energo.effecton.ru/05.html> (дата обращения: 14.04.2018).
2. Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В. Солнечная энергетика. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 276 с.
3. О солнечной энергии. URL: <http://hevelsolar.com/solar/> (дата обращения: 14.04.2018).
4. Аналитический центр при правительстве РФ «Развитие технологий ветроэнергетики в мире». URL: <http://ac.gov.ru/publications/> (дата обращения: 14.04.2018).
5. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика. Харьков: ХАИ, 2004.
6. О биотопливе «Российская Биотопливная Ассоциация». URL: <http://bioethanol.ru> (дата обращения: 14.04.2018).
7. Пущик Е., Мирзоев В. Бензин и этанол – мировые перспективы // The Baltic Course. 2010.
8. Аморфные и нанокристаллические магнитомягкие сплавы. URL: <http://mstator.ru/products/amorf> (дата обращения: 14.04.2018).
9. Высоцкий В. С., Носов А. А., Рычагов А. В. и др. Создание силового сверхпроводящего кабеля на базе ВТСП технологий // Кабели и провода, 2010. № 2.
10. Янчошек Любомир, Кунц Петер. Органический цикл Ренкина. Engul, s.r.o. Martin, Словацкая Республика; ООО «Пауэртех», Москва.
11. Технология ОРЦ. Режим доступа к ссылке: <http://www.altenergy.lv/npravleniya-i-produkty/vozobnovlyаемaya-energiya/tekhnologiya-orc/> (дата обращения: 14.04.2018).

УДК 004.042

И. В. Салов

ученик 11 класса ГБОУ СОШ № 511 Санкт-Петербурга

Ю. И. Торочкова, М. Б. Федотов – магистранты кафедры управления в технических системах – научные руководители

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

В эпоху массового внедрения персональных компьютеров во все сферы современной жизни естественным является стремление использовать компьютерные системы для поддержки все более сложных видов человеческой деятельности. Большинство организаций давно уже перешли от бумажных отчетов к информационным технологиям, однако очень часто возникают проблемы организации управления данными. Для принятия эффективных решений необходимо научиться получать, накапливать и сохранять поступающую информацию. Для этого нужна база данных (БД), которая будет включать в себя всю информацию, и поможет усовершенствовать рабочий процесс, ее значимость в современном мире не переоценить. Положительная сторона БД состоит в том, что в любой момент ее можно пополнить новой информацией или отредактировать уже существующую.

Одной из систем, которая давно и остро нуждается в современных информационных технологиях, является система здравоохранения; сложные бизнес-процессы, дорогостоящие ресурсы, индустриальные масштабы оказания медицинской помощи, проблемы качества лечения, стандартизация медицинских услуг – все это требует внедрения информационных компьютерных технологий, которые позволяют эффективно бороться с издержками и оптимизировать деятельность системы здравоохранения. Действительно, больница – это учреждение, которое сталкивается с большим потоком информации, а медицинскому персоналу требуется внимательно следить за пациентами по всем передвижениям пациента: поступление – диагностика – лечение – реабилитация – мониторинг, поэтому необходимо использование БД для сохранения их времени, кроме того, проще работать со структурированной информацией. Использование БД в решении профессиональных задач становится неотъемлемой частью деятельности врача любой специальности, который, безусловно, должен владеть своей предметной областью и уметь применять информационно-компьютерные технологии при осуществлении профессиональных обязанностей. Именно поэтому нашей целью будет разобраться на примере медицинских учреждений, насколько важны БД в современном обществе, и к чему нужно стремиться, как улучшить уже существующие БД.

Прежде, чем разобрать детально примеры применения БД в сфере здравоохранения, следует знать, что они из себя представляют, как классифицируются, и как их создавать. Базы данных – совокупность данных, хранимых согласно структуре данных, манипулирование которыми выполняют в соответствии с правилами моделирования данных [1]. Классификация БД представлена на рисунке.

По характеру хранимой информации

В системах фактографического типа в БД хранится информация об интересующих пользователя объектах предметной области в виде «фактов» (например, биографические данные о сотрудниках, данные о выпуске продукции производителями и т. п.); в ответ на запрос пользователя выдается требуемая информация об интересующем его объекте (объектах) [1].

В системах документального типа целью поиска может быть не только какая-то информация, хранящаяся в документах, но и сами документы. Так, возможны такие запросы как «сколько документов было создано за определенный период времени». Часто в критерий поиска в качестве признаков включаются «дата принятия документа», «кем принят» и другие «выходные данные» документов [1].



Классификация баз данных

По способу хранения информации

Персональная база данных – это БД, предназначенная для локального использования одним пользователем. Локальные БД могут создаваться каждым пользователем самостоятельно, а могут извлекаться из общей БД.

Распределенные БД предполагают возможность одновременного обращения нескольких пользователей к одной и той же информации (многопользовательский, параллельный режим доступа). Распределенные БД, кроме того, имеют характерные особенности, связанные с тем, что физически разные части БД могут быть расположены на разных ЭВМ, а логически, с точки зрения пользователя, они должны представлять собой единое целое [1].

По структуре организации данных

Иерархическая структура представляет совокупность элементов, связанных между собой по определенным правилам. Объекты, связанные иерархическими отношениями, образуют ориентированный граф (перевернутое дерево). К основным понятиям иерархической структуры относятся: уровень, элемент (узел), связь. Иерархическую модель организуют данные в виде древовидной структуры [1].

Сетевая модель означает представление данных в виде произвольного графа. Достоинством сетевой и иерархической моделей данных является возмож-

ность их эффективной реализации по показателям затрат памяти и оперативности. Недостатком сетевой модели данных является высокая сложность и жесткость схемы БД, построенной на ее основе [1].

Реляционные модели – характеризуются простотой структуры данных, удобной для пользователя формой представления в виде таблиц и возможностью использования аппарата алгебры отношений и реляционного вычисления для обработки данных [1].

Создание базы данных включает следующие три этапа [2]:

1. Первый этап теоретический – проектирование БД. На этапе определяется:
 - какие таблицы будет содержать БД;
 - определяется структура таблиц (из каких полей, какого типа и размера будет состоять каждая таблица);
 - выбираются первичные ключи для каждой таблицы.
2. Второй этап – создание структуры. На данном этапе описывается структура таблиц.
3. Третий этап – ввод записей. Здесь осуществляется заполнение таблиц БД информацией.

Для работы с БД используются специальные программные средства – системы управления базами данных (СУБД); СУБД – это программное обеспечение для корректного использования и управления БД [3].

К основным инструментам СУБД относят [3]:

- инструменты для работы с полями и записями (фильтр, сортировка записей, вывод их на экран);
- инструменты управления отображением БД (режим формы или режим списка);
- инструменты обработки данных (замена/поиск, фильтрация, группировка, сортировка);
- инструменты вывода данных (отчет).

Вернемся к центральной теме и рассмотрим основную проблему – сложность использования информации в медицине на примере работы регистратуры и предполагаемые способы ее решения.

Необходимостью во многих медицинских учреждениях является использование бумажных медицинских карточек. Медицинские карточки хранятся в поликлиниках по месту жительства. В ситуациях, когда пациент попадет в больницу в неотложном состоянии, это усложняет работу. Также медицинская информация может быть утеряна из-за человеческого фактора.

Для решения этих проблем необходимо внедрять в медицинские заведения электронные медицинские карты (ЭМК); ЭМК будет включать в себя всю ту информацию, что и бумажный ее вариант. Электронные карты предназначены для удобства пациентов и облегчения труда персонала медицинских учреждений. Медицинская карта в электронном виде будет устроена достаточно просто. Она заключена в электронную базу, которая является частью единой программы автоматизированного рабочего места того или иного специалиста. Для того чтобы получить доступ к медицинской карте, необходимо ввести фамилию, имя и отчество пациента. В базе может быть несколько пациентов с одинаковой фамилией, в этом случае уточняются год рождения или адрес места жительства.

Электронные карты обладают рядом преимуществ. В первую очередь, карта не потеряется и не будет забрана пациентом домой. Еще одним плюсом является отсутствие необходимости в поиске карты и передачи ее лечащему врачу. Не надо будет "подклеивать" результаты анализов, дополнительные листы, заключения доктора. Всю эту информацию легко записать в определенные разделы

программы, которая по требованию выдаст необходимую информацию. Электронные карты позволяют не только ознакомиться с информацией о больном, но и внести дополнения. В результате значительно оптимизируется работа медицинского персонала. Отметим, что создание ЭМК должно положительно отразиться и на пациенте. Не нужно будет волноваться, что из карты пропадет какой-то документ, не надо будет ждать, пока сотрудник регистратуры доставит его медицинскую карту.

Следует отметить, что любое изобретение имеет и минусы. В случае, когда произошло отключение электропитания, то электронная медицинская карта станет недоступной для просмотра. Также медицинская карта может быть полностью уничтожена, если с компьютером, на котором хранятся БД, что-то произойдет. Заметным минусом является обучение медицинского персонала. Если молодые специалисты хорошо знакомы с компьютером и быстро обучаемы, то могут возникнуть проблемы с возрастными сотрудниками. Также необходимо усовершенствовать защищенность информации о пациенте от "утечки", например, внести идентификацию по личному "логину" / отпечатку пальца / сетчатке глаза.

Существуют БД не только по медицинским картам, но и об объемах и характере оказанной медицинской помощи, финансовых потоках, счетах на оплату услуг, формирующихся при оплате медицинской помощи, нормативно-справочной медицинской и экономической информации. На современном этапе для медицины создано свыше 800 различных программных продуктов самого разного назначения, функциональных возможностей и вида. Среди этого ПО особое место занимают комплексные медицинские информационные системы, которые характеризуются большим спектром возможностей и предназначены главным образом для полной автоматизации лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ). При этом большое значение имеет выбранная система управления базами данных (СУБД) [4].

По разным оценкам в России только от 20 до 30 медицинских информационных систем могут претендовать на комплексный характер, получается, наша страна не готова еще к полному, повсеместному внедрению этих технологий. Их разработка занимает в среднем от 2 до 5 лет и представляет собой сложнейшую задачу, требующую значительных финансовых, интеллектуальных и временных ресурсов. Все это делает сегмент рынка комплексных медицинских информационных систем весьма рискованным.

В настоящее время в здравоохранении имеется большое количество разнообразных персонифицированных БД целевого назначения на всех уровнях – начиная с уровня учреждений до федерального уровня. Министерство здравоохранения РФ разрабатывает Единую государственную информационную систему в здравоохранении (ЕГИСЗ). Сведения в эту систему должны будут попадать через региональные медицинские информационные системы (МИС). Именно к централизации всех данных следует стремиться и к тому, чтобы медицинская помощь нашим гражданам могла быть оказана в любой части страны вне зависимости от места прописки.

Вместе с этим именно спрос на промышленные комплексные системы имеет в последние годы стабильную положительную динамику – заказчики от медицины нуждаются в готовых масштабируемых решениях, обладающих высокой защищенностью инвестиций, приемлемыми сроками внедрения и гарантированной отдачей от реализации идеи автоматизации медицины. И здесь именно комплексные решения обладают тем необходимым запасом надежности и эффективности, который позволяет все большему числу ЛПУ решиться на столь сложный, дорогостоящий и достаточно рискованный шаг, как автоматизация своей деятельности [4].

Проанализировав, можно сделать вывод, что БД является важнейшей составной частью информационных систем, которые предназначены для хранения и обработки информации. Изначально такие системы существовали в письменном виде. Для этого использовались различные картотеки, папки, журналы, библиотечные каталоги. Развитие средств вычислительной техники обеспечило возможность широкого использования автоматизированных информационных систем.

Из-за постоянного увеличения обрабатываемой информации в настоящий момент БД широко используются в различных областях медицины с абсолютно разными целями, поэтому можно сделать вывод, что постоянно необходимы новые, более совершенные системы управления БД. Информационные технологии имеют перспективы развития, а современный мир нуждается в реализации этих перспектив.

Библиографический список

1. Голицына О. Л., Максимов Н. В., Попов И. И. Базы данных: учеб. пособие. М.: Форум, 2012. 400 с.
2. Советов Б. Я. Цехановский В. В., Чертовской В. Д. Базы данных: теория и практика: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2013. 463 с.
3. Карпова И. П. Базы данных: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2013. 240 с.
4. Пирогов В. Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 528 с.

УДК 621.3.051

И. Ю. Степина

ученица ГБОУ СОШ № 337

А. В. Рысин, С. Ю. Лач – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

ИССЛЕДОВАНИЕ КАСКАДНЫХ АВАРИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В настоящее время отключения электроэнергии имеют общемировой характер. Среднее время отключения электроэнергии по России составляет 2,73 дня в году. Обычными последствиями так называемых блэкаутов являются огромные убытки у крупных фирм и производств, а также убытки и выход из строя техники у обычных людей.

Чтобы избежать подобных проблем, необходимо предотвращать аварии на начальных стадиях. Для этого необходима возможность предсказания или быстрого устранения аварийных возмущений (АВ). Аварийным возмущением называется внезапное, резкое и существенное изменение состояния энергосистемы в результате короткого замыкания, непредвиденного отключения элемента из-за его повреждения или ошибочных действий защиты, автоматики или персонала. Аварийное возмущение выводит систему из допустимого режима, что обычно приводит к дисбалансу мощности в энергосистеме и в итоге к потере динамической устойчивости. Также АВ могут привести к довольно серьезным последствиям, таким как каскадные аварии.

Каскадная авария – последовательность событий, приводящая к нарушению нормальной работы системы и возникновению первичного возмущения, которое не удается локализовать в зоне его возникновения и которое распространяется на другие районы системы. Сопровождается отказом других элементов и приводит в итоге к крупным нарушениям режима работы системы [1].

Предотвращение АВ, а следовательно, и каскадных аварий, достигается совместной работой систем противоаварийного управления (ПАУ) и действиями диспетчерского персонала. ПАУ помогают сохранить устойчивость системы. Наиболее дешевым способом повышения отказоустойчивости ПАУ является внедрение интеллектуальных систем, дополняющих работу диспетчера и координирующих работу ПАУ.

Централизованная автоматика ведет к увеличению стоимости реализации комплексов ПАУ и дальнейшему снижению надежности систем, так как обладает ложной структурой составляющих систем. Это ведет к тому, что наиболее эффективным методом улучшения надежности ПАУ становится децентрализация автоматики, а также передача части функций на уровень локальных устройств ПАУ.

Для создания эффективной защиты необходимо выделить слабые места современных ПАУ.

1. Отсутствие ПАУ, способных эффективно защитить систему от лавины напряжений.
2. Отсутствие координации локальных устройств.
3. Низкая отказоустойчивость ПАУ.
4. Избыток первичной необработанной информации для диспетчера.

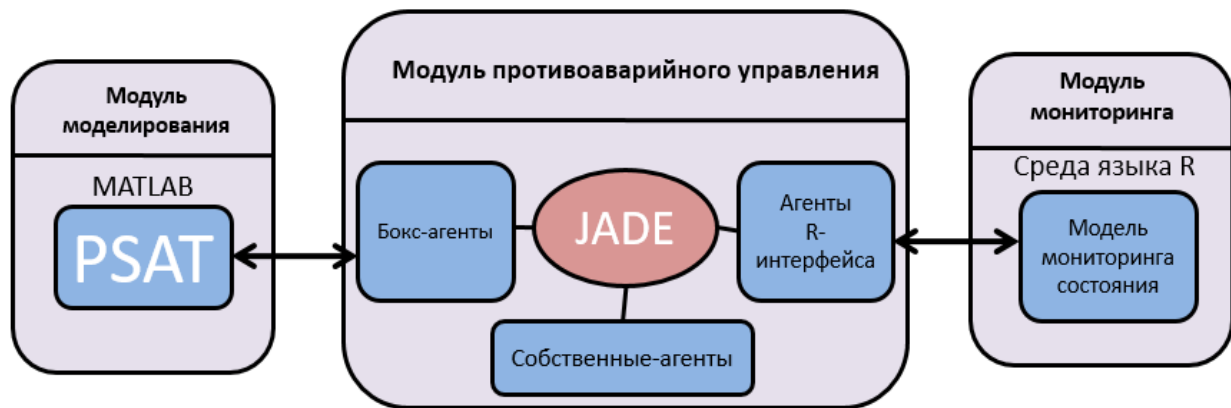
На основе этих данных была предложена идея создания интеллектуальной системы, которая отвечала бы перечисленным требованиям:

1. Наличие инструмента мониторинга и оценки состояния электроэнергетической системы (ЭЭС).
2. Возможность предсказания потенциально опасных состояний ЭЭС.
3. Высокий уровень отказоустойчивости и возможность координации локальных устройств ПАУ;
4. Наличие инструментов для обеспечения защиты ЭЭС со сложной структурой.
5. Гармоничное дополнение ПАУ, т. е. отсутствие противоречий в системе.

Разработка программного обеспечения для выполнения данных функций является принципиально новой задачей. Такие алгоритмы требуют совмещения вычислений, выполняемых одним компьютером, в том числе и суперкомпьютером, и вычислений множества компьютеров, связанных между собой одной информационной сетью. Основная идея заключается в том, что интеллектуальная система включает в себя модули моделирования и мониторинга с агентной платформой.

Реализация интеллектуальной системы для предотвращения аварий (см. рисунок) должна включать в себя такие инструменты:

- модуль моделирования – компьютерная программа (КП), которая моделирует динамическое поведение ЭЭС (среда MATLAB с использованием блока *Powertrain Analysis Toolbox (PSAT)*);
- модуль мониторинга состояния – КП для идентификации и предсказания возможных аварийных состояний в энергосистеме (программная среда R);
- модуль ПАУ – КП, которая имитирует поведения агентов, обеспечивающих децентрализованное противоаварийное управление ЭЭС (агентная среда JADE) [2].



Упрощенная блок-схема реализации программного обеспечения

В качестве расчетного модуля для дальнейших исследований был выбран расчетный модуль PSAT, представляющий собой программную среду с открытым исходным кодом на платформе MATLAB. Модуль мониторинга состояния ЭЭС реализован в программной среде вычислений R с открытым исходным кодом.

Программные среды PSAT и R, а также агентная платформа JADE были выбраны потому, что они могут быть интегрированы с использованием языка JAVA. Такая реализация дала возможность перенести моделирование внутрь оперативной памяти компьютера без обращения к жесткому диску, что позволило ускорить процесс моделирования.

В результате был разработан интерфейс взаимодействия модулей моделирования, мониторинга и противоаварийного управления.

Библиографический список

1. Большая энциклопедия нефти и газа. URL: <http://www.ngpedia.ru/id556609p1.html>.
2. Воропай Н. И. Программная реализация интеллектуальной системы для предотвращения крупных аварий в энергосистеме / Н. И. Воропай, М. Негневицкий, Д. А. Панасецкий, Н. В. Томин, В. Г. Курбацкий, А. В. Жуков // Электричество. 2014. № 8.

УДК 629.735.33

П. В. Федоров

ученик 11 класса, лицей № 384

Е. С. Александров, А. В. Качалов – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

На летательных аппаратах присутствует бортовая система электроснабжения, предназначенная для обеспечения бортового электрооборудования летательного аппарата электроэнергией требуемого качества. Системой электроснабжения принято называть совокупность устройств, предназначенных для производства и распределения электроэнергии. Они обеспечивают работоспособность основных функциональных систем летательного аппарата, силовой установки и бортового оборудования, различающихся по принципу действия и потребляющих различные виды энергии. В целом электрическое оборудование летательного аппарата можно разделить на три основные группы:

- 1) система генерирования – источники электрической энергии, преобразователи, их защитные и регулирующие устройства;
- 2) система передачи и распределения энергии;
- 3) потребители электрической энергии.

В группу источников электроэнергии входят:

- электрические генераторы постоянного и переменного тока (рис. 1);
- аварийные источники электроэнергии – химические источники тока (рис. 2);
- преобразователи электроэнергии, такие как электромашинные и статические преобразователи всех типов;
- регулирующая, управляющая и защитная аппаратура (включающая регуляторы напряжения и частоты);
- устройства для защиты генераторов от обратных токов и обратной мощности, защиты от перенапряжений и перегрузок;
- устройства, обеспечивающие автоматическое распределение активных и реактивных мощностей между параллельно работающими генераторами;
- устройства включения и отключения генераторов на сеть.



Рис. 1. Электрические генераторы
постоянного тока



Рис. 2. Аварийные источники электроэнергии
(авиационный аккумулятор НКБН-28)

В состав группы систем передачи и распределения энергии и потребителей электроэнергии входят:

- бортовая электрическая сеть, включающая отдельные провода и жгуты электрических проводов;
- аппаратура коммутации, управления и защиты;
- распределительные устройства;
- контрольно-измерительные приборы для наблюдения за режимом работы электрической системы летательного аппарата;
- монтажное и установочное оборудование, такое как разъемы, распределительные устройства, пульта.

А группа потребителей электроэнергии включает в себя:

- электрические двигатели, электромагниты и иные устройства, служащие для приведения в действие и управления исполнительными механизмами, агрегатами и различными органами летательного аппарата;
- осветительное оборудование – внешнее, внутреннее освещение, огни предупреждения столкновений, освещение кабины экипажа и служебных отсеков;
- противообледенительные и обогревательные устройства, а также холодильные установки;
- средства связи и радиоаппаратуру;
- системы автоматического управления;
- контрольно-измерительная аппаратура и приборы, основанные на использовании электрической энергии, термометры, тахометры, топливомеры, компасы и другие устройства, расположенные на приборной панели летательного аппарата (рис. 3).

И все эти электрические системы могут составлять от 0,5% до 1,5% взлетной массы современных тяжелых самолетов и от 4% до 8% взлетной массы сверхзвуковых маневренных самолетов.

Надежность системы электроснабжения летательного аппарата является одним из основополагающих факторов безопасности полета. В связи с этим предусматривается комплекс мер для надежности функционирования и повышения живучести бортовой системы электроснабжения. Чаще всего применяют основные, резервные и аварийные источники электроэнергии. Основные источники

обеспечивают потребности в электроэнергии в нормальных условиях полета. Резервные источники питают потребители при нехватке мощности основных источников, вызванной отказами в системе электроснабжения. Аварийные источники питают только жизненно важные системы летательного аппарата (потребители первой категории), без которых невозможно безопасное завершение полета. Функционирование системы электроснабжения в небе отличается от наземного и усложнено большим количеством неблагоприятных условий, таких как вибрации, ускорения, большие перепады температуры и давления, влажности, ударные нагрузки, агрессивные среды паров топлива, масел и спецжидкостей, иногда очень едких и токсичных. Поэтому требуется высокое качество изготовления, высокая механическая и электрическая прочность при минимальном весе и габаритах, пожаровзрывобезопасность, относительная простота в эксплуатации, полная взаимозаменяемость однотипных изделий, а также строгий учет всех изменяющихся условий при конструировании и в процессе эксплуатации.



Рис. 3. Приборная панель летательного аппарата

Из всего этого вытекают требования, отличающиеся от требований, предъявляемых к аналогичным видам наземного оборудования. Необходимо применять специальные конструкции и материалы, использовать особенные принципы при конструировании отдельных элементов и установок, руководствоваться иными соображениями при проектировании всей системы в целом. Кроме того, сроки службы электрооборудования у летательных аппаратов короче, чем у наземного оборудования. Требуется надежность и безотказность, небольшая масса и габариты при достаточной прочности, а также простота эксплуатации и ремонта.

Библиографический список

1. Коптев А. Н. Авиационное и радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации. 2011. 248 с.
2. Бортовая система электроснабжения летательных аппаратов. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бортовая_система_электроснабжения_летательных_аппаратов.

СОДЕРЖАНИЕ

Александров Е. С. Источники больших импульсных токов	3
Аржевикина М. И. Управление качеством в электроэнергетике	6
Бакустина М. И. Система стереозрения на базе трехосевой антропоморфной поворотной платформы	8
Баталин Ф. А. Управление приобретением электроэнергии	13
Березуева А. В. Управление персоналом на технологическом предприятии в эпоху цифровой экономики.....	17
Беседин Н. А. Исполнительный механизм для привода очистки электрофильтра.....	20
Булыгин А. А. Ориентация робота в пространстве.....	26
Ветюгов И. Д. Перспективы развития ядерной энергетики.....	29
Волков В. А. Модель динамики автомобиля при торможении.....	33
Галичин Д. А. Внутрифирменное управление энергопредприятием на основе оптимизации бизнес-процессов.....	37
Гончарова В. И. Разработка платы расширения для одноплатного компьютера Raspberry Pi для работы с CAN-интерфейсом.....	41
Горбач Н. С. Электроадгезионные крепежные устройства.....	45
Гоцуляк Д. Ю. Автоматизация однолебедочного порталного крана.....	48
Далматова А. А. Метод эталонных затрат в электроэнергетике.....	50
Демидов Д. Ю., Емельянов Г. Р. Исследование частотных характеристик системы с линейным квадратичным регулятором.....	53
Дурмашев И. В., Воробьев И. Ю. Обзор методов и подходов к локализации беспилотных летательных аппаратов внутри помещений	56
Дурмашев И. В., Воробьев И. Ю. Обзор современных систем захвата объектов, предназначенных для сбора сельскохозяйственных культур.....	59
Емельянов В. В. Планирование как ключевой процесс в управлении проектами в сфере электроэнергетики	63
Епифанов В. Н. Обзор современных программных средств автоматического распознавания речи.....	67
Ерашов А. А. Расчет и моделирование радиатора методом конечных элементов	70
Заставин Д. А. Использование ТПТС-НТ при автоматизации электронной части системы регулирования турбины К-1200-6,8/50	75
Иванов А. С. Повышение эффективности солнечных батарей с помощью трекера.....	78
Иванов Д. Р. Групповое управление роботами	81
Иванов Р. Ю. Накопители энергии в электроэнергетических системах	85
Калюжный Д. О. Моделирование магнитных муфт в FEMM	90
Кашаев А. Р., Некоз П. С. Малые инновационные предприятия: особенности и проблемы формирования на базе хозяйственных систем	95
Келлер Л. Г. Государственная поддержка и меры экономического стимулирования внедрения возобновляемых источников энергии в России.....	99

Керс А. Е. Пути модернизации систем контроля и оповещения нештатных ситуаций на предприятии	104
Киселева А. О. Тенденции развития образовательной робототехники	108
Ковалев А. Д. Обзор и сравнение методов одновременной локализации и построения карты с помощью монокулярной камеры с использованием признаков	111
Кологрив К. А. Анализ современных авиационных систем генерирования электроэнергии	116
Комендантов А. Ю., Богданов В. Д. Применение технологий Smart Grid в современных электроэнергетических системах	125
Консон Ю. А. Обеспечение безопасности человека на сборочном производстве	128
Крестовников К. Д., Кондратков А. В. Исследование микропроцессорного модуля ESP32-WROOM	130
Куделин А. С. Системы машинного зрения	142
Кумарин А. А. Оценка применимости двухслойных конденсаторов в системе питания наноспутника	148
Лазерко В. А. Сравнение газопламенной и индукционной правки металлических конструкций	151
Летенков М. А. Схемы взаимодействия электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания в гибридных силовых установках: принципы работы, достоинства и недостатки	155
Лосев Е. В. Обзор современных технологий энергосбережения в электроэнергетике	159
Лошкарева Т. В. Повышение электрической прочности силовоточного защитного размыкателя однократного действия	162
Медведев М. В. Поиск точки максимальной мощности солнечной батареи	165
Медведев М. В. Система стабилизации неустойчивого объекта и разработка стенда для исследования	169
Мезенцев М. А. Шоковая заморозка	176
Михайлов А. А. Мобильная система для предметной 3D-фотосъемки	179
Наумов А. Б. Перспективы развития генераторных выключателей 10-20 кВ. Отечественные разработки	183
Нгуен Д. Х., Черноусова П. М. Основные принципы и подходы условной классификации робототехнических систем	187
Никифоров П. А. Управление активной подвеской автомобиля	189
Никулин П. С. Индукционный нагрев для системы пресс-ножниц	193
Очередин А. Д., Приходский А. А. Анализ датчиков систем присутствия в помещении	195
Павлюков Д. А. Применение элемента пельтье в системах энергоснабжения	199
Пакканен Д. А. Имитационная модель электромеханического запуска турбореактивного двигателя	203

Пантелеев Я. Р. Электронное автоматическое реле	207
Пархомец М. В. Обзор современных систем, повышающих энергоэффективность жилых домов.....	210
Пермяков Н. П. Разработка систем управления магнитно-механическим коннектором модульного робототехнического узла.....	213
Пищалкина Н. Д. Tu-Nur – проект возобновляемых источников энергии в Тунисе.....	216
Попков Д. Е. Гибридный коммутатор постоянного тока	220
Пылин Ю. С. Защита приборов от влияния внешних магнитных полей.....	222
Рысин А. В. Анализ факторов, влияющих на статическую и динамическую устойчивость электрических систем.....	225
Савченко Е. Н. Современные подходы, используемые при инновационном проектировании.....	231
Савченков М. К. Солнечно-звездные батареи на гетерозлектриках.....	234
Садикова Ю. С. Ценообразование на электрическую энергию для потребителя	237
Самородова Е. А. АСУ для снижения расхода энергоресурсов ТЭЦ.....	241
Сапрыкин А. А. Обучение с подкреплением робота-агента в мультиагентной РТС	245
Сапрычев В. А. Система удаленного управления мобильным роботом	249
Свешников К. Д. Тепловизионное обследование как инструмент энергосбережения.....	253
Семенов А. И. Нечеткое управление уровнем жидкости в сферическом танке.....	257
Сенкевич А. К. Теория погрешностей в расчетах измерителей угла рассогласования	261
Смирнов М. С. Математическое моделирование и исследование частотного регулятора для обеспечения плавного пуска нефтяного магистрального насоса	264
Соболева Л. В. Основные проблемы повышения эффективности предприятий электроэнергетики и направления их решения.....	268
Соколова П. Н. Кластерный способ формирования инновационных проектов в электроэнергетике.....	271
Соловьев С. И. Иммитационная модель противопомпажной системы летательного аппарата с газотурбинным двигателем.....	276
Степанова В. В. Внедрение культуры энергосбережения на предприятии	280
Строганов А. С. Киберфизические системы в электроэнергетике	283
Супрунец В. В. Основные направления трансформации компетенций на предприятии электроэнергетики	289
Тарасов Н. С. Исследование работоспособности энергопоглощающего резистора с антикоррозионным изолирующим покрытием, предназначенного для защиты системы питания ИТЭР.....	292
Терещенко Е. Р. Ветроурубина как объект управления	297

Федеров А. А. Пути повышения энергоэффективности электроэнергетики на автотранспортном предприятии.....	301
Федотов М. Б. Выбор насоса для системы управления технологическим водоснабжением цеха по производству цемента.....	303
Цыбульская Ю. В. Управление группой мультиагентных роботов.....	310
Чайников А. А. Оценка целесообразности внедрения Smart Grid технологий в России.....	312
Черняев А. Г. Бортовая система сбора данных и управления моделью ракеты.....	317
Черских Е. О. Применение фильтра Маджвика с целью улучшения показаний гироскопа-акселерометра.....	321
Чуфарин Н. А. Векторная ШИМ в трехфазном активном выпрямителе тока.....	324
Шабанова А. Р. Мобильные робототехнические системы диагностики ЛЭП.....	328
Шавелишвили Д. Г. Система автоматического определения потенциально опасных быстро движущихся объектов.....	333
Шалаев С. А., Савченков М. К. Коммутационные аппараты с пиротехническим приводом.....	336
Шептяков Д. А. Электромагнитный амортизатор.....	339
Ширяева Е. О., Карпова Н. Д. Проектирование системы управления автономными необитаемыми подводными аппаратами.....	344
Шуляк В. А. Анализ влияния человеческого фактора при эксплуатации и обслуживании энергетических установок.....	348
Интеллектуальный конкурс «Энергия успеха»-2018.....	351
Григорьев А. М. Применение манипуляторов в робототехнических системах.....	352
Дмитриев Н. О. Hyperloop – транспорт будущего.....	355
Иванов М. П. Обзор систем распознавания речи.....	359
Козинец Е. А. Проблемы и перспективы развития трубопроводного транспорта на основе их энергопотребления.....	363
Коркунов А. В. Термоядерный ракетный двигатель.....	366
Марычев Л. С. Система электроснабжения летательных аппаратов.....	369
Минина А. А. Технология LoRa.....	373
Михайлов А. Ю. Исследование скиновых характеристик модуля резистора оперативного вывода энергии ITER.....	377
Молодцова А. А. Эволюционные алгоритмы.....	384
Паршин А. Д. Применение беспроводного зарядного устройства для БПЛА.....	388
Петрова Н. С. Умный дом. Системы энергоснабжения и энергосбережения.....	392
Попов А. К. Нейронные сети в решении проблем.....	397
Порецкая П. Н. Самолет с преимущественно электрифицированным оборудованием.....	401
Романов С. В. Энергосберегающие технологии на промышленных объектах.....	404

Салов И. В. <i>Использование баз данных в медицинских учреждениях.....</i>	408
Степина И. Ю. <i>Исследование каскадных аварий в электроэнергетических системах</i>	413
Федоров П. В. <i>Системы генерирования электроэнергии летательных аппаратов</i>	416

Научное издание

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'2018

Молодежная секция

Сборник докладов

16–20 апреля 2018 г.

Ответственный за выпуск:
д-р техн. наук, проф. *В. Ф. Шишлаков*

Редакторы: *В. П. Зуева, О. Ю. Багиева*
Компьютерная верстка *С. Б. Мацапуры*

Подписано в печать 25.06.18. Формат 60x84 1\16.
Уч.-изд. л. 39,6. Усл. печ. л. 24,6. Тираж 150 экз. Заказ № 296.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67