

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

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'21

XVI Международная конференция
по электромеханике и робототехнике
14–17 апреля 2021 г.

Молодежная секция
Часть 1

Сборник докладов



3-13 Завалишинские чтения: XVI Международная конференция по электромеханике и робототехнике (СПб., 14–17 апреля 2021 г.). Молодежная секция: сб. докл.: в 2 ч. Ч. 1. СПб.: ГУАП, 2021. 232 с.

ISBN 978-5-8088-1617-6 (Ч. 1)

ISBN 978-5-8088-1616-9

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
- В. Ф. Шишляков* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления в технических системах
- А. Л. Ронжин* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электромеханики и робототехники
- О. А. Баулин* – кандидат технических наук, доцент, врио ректора УГНТУ
- С. Г. Емельянов* – доктор технических наук, профессор, ректор ЮЗГУ

УДК 001.08
ББК я73



XVI международная конференция по электромеханике и робототехнике «Завалишинские чтения – 2021» проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-08-20021.

ISBN 978-5-8088-1617-6 (Ч. 1)
ISBN 978-5-8088-1616-9

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 2021

УДК 621.31

М. В. Абакумов

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ЭЛЕКТРОПОГРУЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

В 2009 г. Правительство Российской Федерации Распоряжением от 13 ноября 2009 г. № 1715-р утвердило Энергетическую стратегию России на период до 2030 г., на которой в настоящее время базируется все регулирование электроэнергетической отрасли. В рамках этой стратегии особое внимание уделяется энергосбережению и энергоэффективности. Эти два понятия взаимосвязаны и могут быть объединены одним термином – «энергоресурсосбережение». Данный вопрос особенно актуален для сырьевых отраслей, так как использование инновационных технологий в них достаточно затруднительно. В частности, это относится и к нефтеперерабатывающей промышленности. Следует отметить, что по данным Росстата доля сырьевых отраслей выросла с 34,3 до 38,9 % в пересчете с 2010 г. на 2018 базисный год [1].

Для экономики России нефтеперерабатывающая промышленность является одной из самых важных. Связано это не только с тем, что добыча нефти определяет бюджетные и экспортные доходы России, но и с тем, что данный сектор промышленности тесно связан со многими секторами и отраслями отечественной экономики.

На сегодняшний день для нефтяных компаний самой актуальной является задача повышения энергоэффективности механизированного фонда добычи нефти. Оборудование, которое используется в настоящее время на нефтяных месторождениях, эксплуатируется не одно десятилетие, оно морально и физически устарело, часть оборудования находится в предаварийном состоянии. Изменить сложившуюся ситуацию может использование инновационных видов оборудования, разработанных с применением современных электротехнологий. Именно такое оборудование может дать максимальный эффект энергосбережения.

Как правило, цена инновационного оборудования значительно выше цены стандартного оборудования – это является сдерживающим фактором для его массового внедрения. Следует отметить, что несмотря на проводимую политику импортозамещения, значительная доля энергоэффективного оборудования пока производится иностранными компаниями за пределами Российской Федерации. В то же время для увеличения товарооборота фирмы-производители стремятся снизить стоимость своей продукции. Одним из путей решения данной проблемы является открытие производственных филиалов в России, к примеру, компания Schlumberger («Шлюмберге»), штаб-квартиры которой находятся в Париже, Лондоне, Хьюстоне и Гааге. На сегодняшний день компания является ведущим мировым поставщиком технологий для строительства скважин, эффективной добычи нефти и эксплуатации месторождений [2]. Компания работает на территории России более 25 лет во всех нефтедобывающих регионах страны.

В 2010 г. в Тюмени компания Schlumberger открыла новый завод по производству энергоэффективного оборудования серии EZline для нефтегазовой отрасли. Основным преимуществом выпускаемого оборудования стали высокая эффективность и относительно невысокая стоимость, что делало его привлекательным для потенциальных покупателей. Испытания оборудования были проведены в высокообводненных скважинах Самотлорского нефтяного месторождения. Принимая во внимание, что наибольший технологический эффект можно получить при использовании установки центробежного насоса (УЭЦН) с электроприводом большой мощности, то для испытаний был выбран D4500EZ с 290 рабочими ступенями. Производительность установки составляла 500–550 м³/сут. с напором 1500 м, что является типичным для применения в скважинах Самотлорского нефтяного месторождения [3]. На рис. 1 показаны сравнительные характеристики мощности и КПД стандартного насоса 5А-500-1500 российского производителя и насоса D4500EZ фирмы Schlumberger, полученные в ходе испытаний. Анализ рис. 1 показывает, что насос D4500EZ обладает более высоким КПД и, соответственно, имеет меньшую потребляемую мощность.

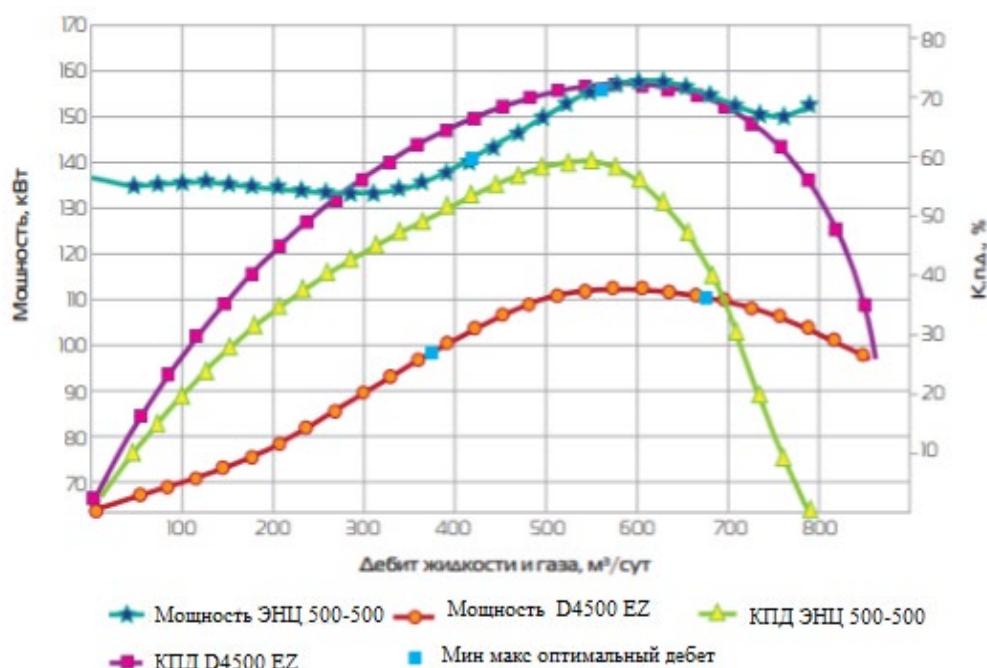


Рис. 1. Сравнение КПД и потребляемой мощности насоса D4500 EZ и стандартного насоса ЭНЦ 500-500

Технические характеристики УЭЦН D4500EZ:

Насос D4500EZ

Номинальная подача при частоте 50 Гц, м³/сут.550

Диаметр корпуса, мм101,6

Тип ступеней.....смешанный

Материал ступеней.....нирезист

Двигатель

Мощность, кВт140

Наружный диаметр, мм..... 117

Листы статора.....с закрытым пазом

Межпазовая изоляция..... Kapton

При проведении эксперимента в течение суток с помощью прибора Fluke на пяти работающих стандартных УЭЦН российского производителя были проведены замеры энергопотребления. Затем оборудование извлекалось из скважин и в них вместо стандартных УЭЦН были спущены установки D4500EZ. Изменение технологических параметров после замены оборудования представлено в табл. 1. Следует отметить, что эксперимент не проводился на скважинах № 8 и 9 в связи с тем, что в первом случае типоразмер насоса был уменьшен, а во втором – увеличен [1].

В табл. 2 приведены основные параметры УЭЦН российских производителей и установок D4500EZ фирмы Schlumberger, полученные в ходе испытаний. Анализ представленных данных показывает, что для стандартного привода использовался двигатель мощностью 180 кВт, в то время как для привода насоса D4500EZ был использован двигатель мощностью 140 кВт. Такое различие связано в первую очередь с различными значениями КПД – насос D4500EZ имеет значительно более высокий КПД по сравнению с насосом отечественного производства (55 %).

Все результаты эксперимента фиксировались станцией управления. Результаты показали, что нагрузка двигателей на российском оборудовании составляла 86 %, на оборудовании Schlumberger – 85 %, то есть она примерно одинаковая. Если учесть, что первоначально мощности двигателей существенно отличались, то можно говорить о том, насос D4500EZ потребляет значительно меньше мощности. По результатам испытаний среднее снижение потребляемой мощности на одну скважину составило 36,2 кВт, что соответствует 18,3 %; среднее снижение удельного энергопотребления – 1,7 кВт/м³, или 18,6 % [2].

Таблица 1

Сравнительная характеристика технологических параметров

Усл. № сква- жины	Стандартное оборудование российского завода					Энергоэффективное оборудование Schlumberger					Изменение параметров	
	Тип насоса	Тип ПЭД	Дебит жид- кости, м3/сут	Потреб- ляемая мощ- ность, кВт	Удель- ное энер- гопо- требле- ние, кВт/м3	Тип насоса	Тип ПЭД	Qж, м3/сут	По- треб- ляе- мая мощ- ность, кВт	Удель- ное энерго- потреб- ление, кВт/м3	по- треб- ляе- мой мощ- ти, кВт	удель- ного энер- гопо- треб- ления, кВт/м3
1	500- 1500/373	180- 117	540	216*	9,6	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	534	170*	7,6	-46,0	-2,0
2	5a-500- 1500	180- 117 С	495	188,4	9,1	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	481	159.1*	7,9	-29,3	-1,2
3	5a-500- 1500	180- 117	580	207.4*	8,6	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	557	161*	6,9	-46,4	-1,6
4	5a-500- 1500	200- 117	563	173.4*	7,4	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	550	138.8*	6,1	-34,6	-1,3
5	5a-500- 1500	160- 117	531	191*	8,6	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	585	167.8*	6,9	-23,2	-1,7
6	5a-500- 1500	180- 117	545	192.8*	8,5	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	590	170.4*	6,9	-22,4	-1,6
7	5a-500- 1400	160- 117	590	211,0	8,6	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	600	159,6	6,4	-51,4	-2,2
Средние значения:			549,1	199,7	8,6			556,7	159,6	7,0	-36,2	-1,7
8	5A-800- 1500	220- 117	590	241,0	9,8	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	560	164,9	7,1	-75,7	-2,7
9	5a-500- 1200	160- 117	440	165,1	9,0	D4500 EZ-290 ст.	140- 117	560	163.1*	7,0	-1,9	-2,0

*Параметры измерены с помощью прибора Fluke.

Также была проведена оценка экономической целесообразности использования технологии с учетом полученной экономии энергии. Стоимость комплекта УЭЦН D4500EZ на 30 % превышает стоимость стандартного УЭЦН третьей группы исполнения по спецификации ОАО «НК «Роснефть». Но с учетом того, что годовая экономия электроэнергии составляет 309 тыс. кВт·ч, или 21,7 тыс. долл. США, затраты на увеличение стоимости оборудования окупаются уже к концу первого года. Расчетный индекс окупаемости инвестиций применения данной технологии равен 3,94 и является высоким по критериям компании ОАО «НК «Роснефть». Для более полной оценки экономической эффективности применения УЭЦН D4500EZ дополнительно во внимание были приняты следующие факторы:

- 1) в связи с тем, что УЭЦН D4500EZ является инновационным оборудованием, неизбежно увеличение стоимости ремонта оборудования по сравнению со стандартным оборудованием;
- 2) увеличение показателей надежности оборудования и, как следствие, возможное увеличение наработки на отказ по сравнению со стандартным оборудованием.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика основных параметров УЭЦН
и установок D4500EZ фирмы Schlumberger**

Показатель	Тип насоса		Изменение параметров	
	Стандартный русского производства	D4500 EZ	Абсолютное	%
Мощность ПЭД, кВт	180	140	-40,0	-22,2
КПД ЭНЦ, %	55	67,5	12,5	18,5
Фактическая потребляемая мощность, кВт	197	161	-36,0	-22,4
Средняя потребляемая мощность насоса, кВт	155,0	119,0	-36,0	-30,3
Средняя нагрузка ПЭД, %	86,0	85,0	-1,0	-1,2

На основании проведенных испытаний были сделаны следующие выводы:

1) промышленные (натурные) испытания УЭЦН D4500EZ полностью подтвердили заявленные компанией Schlumberger высокие показатели энергоэффективности. Снижение потребления активной мощности по сравнению со стандартными УЭЦН российских заводов составило 18,3 % (36 кВт·ч), снижение удельного энергопотребления – 18,6 %;

2) экономические показатели эффективности проекта применения насосов D4500EZ с учетом достигаемой экономии затрат на электроэнергию высокие, PI = 3,94.

Для получения более полной картины экономической эффективности использования УЭЦН D4500EZ необходимо провести оценку с учетом данных о реальной надежности и реальных дополнительных затрат на ремонт и обслуживание УЭЦН.

Другим вариантом получения энергоэффективного электропогружного оборудования для добычи нефти является создание альянсов западных и российских производителей, что позволяет использовать производственные мощности отечественных компаний для внедрения передовых зарубежных технологий. В частности, такой альянс создали две компании: один из лидеров отечественного рынка производства нефтяного оборудования – компания «Борец», один из мировых лидеров в области предоставления инновационных технологий и услуг в нефтегазовой отрасли – компания Weatherford. В результате тесного взаимодействия был образован альянс производителей «Борец-Weatherford».

Представленные альянсом на российский рынок насосы (табл. 3) были протестированы в трех дочерних обществах (ДО) компании ОАО «НК «Роснефть». Главным показателем, по которому определялась принадлежность оборудования к энергоэффективному, являлся КПД.

Как видно из табл. 3, данный показатель в среднем на 10 % превосходит КПД стандартных центробежных насосов. Следует обратить особое внимание на маркировку насосов. Данное отличие связано с тем, что проектированием и изготовлением насосов компании занимались отдельно: первые три установки были разработаны компанией Weatherford, а последние две являются собственной разработкой компании «Борец».

Рассмотрим особенности двух последних установок – ЭЦНДП5-30 и ESP 400-2200. Для насоса ЭЦНДП5-30 компанией «Борец» было предложено применение оптимально подобранной ступени насоса большей производительности (с большим КПД) на пониженной частоте вращения вала двигателя (рис. 2).

Таблица 3

**Сравнительных характеристики КПД энергоэффективных насосов
и насосов серийного производства**

Насос	Рекомендуемый диапазон подач, м3/сут.	КПД насоса, %	
		Энергоэффективного	Серийного
ESP 400-1750	159–334	71	59
ESP 400-2200	199–421	71	60
ESP 400-3000	270–480	64	60
ЭЦНМИК 5А-600	480–864	68	61
ЭЦНДП 5-30	24–36	51	37

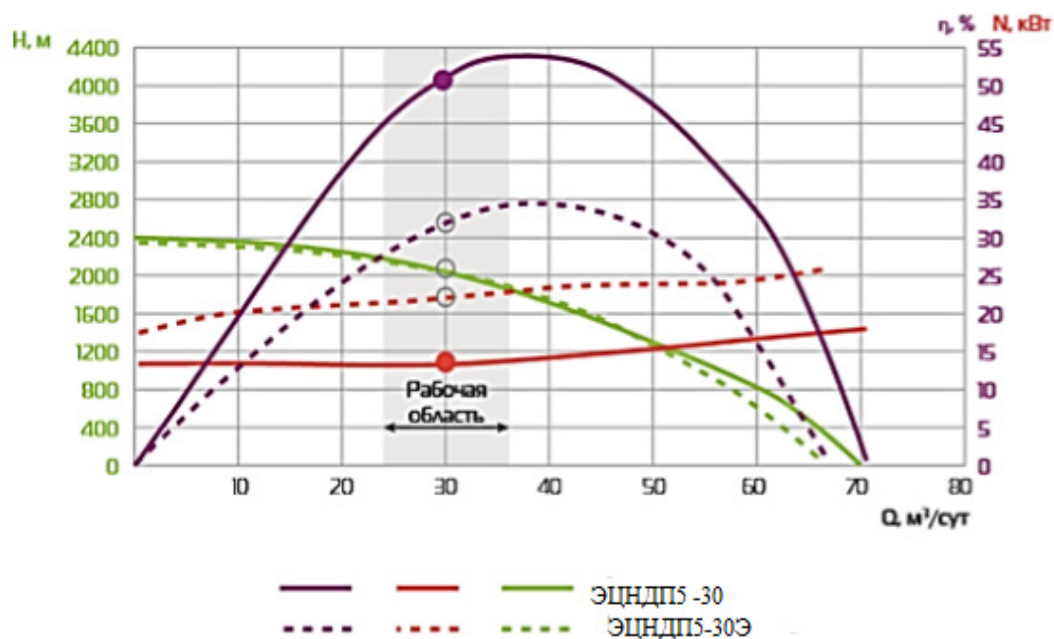


Рис. 2 Сравнение характеристик насосов ЭЦНДП5-30 и ЭЦНДП5-30Э
(Q – производительность; N – мощность; H – глубина; η – КПД)

Немаловажным критерием эффективности использования оборудования является надежность его функционирования, в частности, вероятность безотказной работы. Согласно проведенным экспериментам среднее время наработки на отказ энергоэффективных УЭЦН составило 230 сут., максимальное время наработки на отказ – 340 сут. [4]. Следует отметить, что в ходе проведения эксперимента 7 установок по ряду причин были остановлены, что свидетельствует о технических недоработках, требующих устранения.

Библиографический список

1. Росстат обнаружил рост зависимости экономики России от нефти и газа. URL: <https://www.rbc.ru/economics/17/02/2020/5e4a79d49a79471aa1e28c38> (дата обращения: 24.02.2021).
2. Schlumberger. URL: <http://www.slb.ru/about/> (дата обращения: 23.02.2021).
3. Якимов С. Б., Каверин М. Н., Тарасов В. П. Промысловые испытания энергоэффективных УЭЦН серии EZline компании «Schlumberger» // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2018. № 6. С. 53.
4. Каверин М. Н., Тарасов В. П. Энергоэффективные насосы: в поисках лучшего // Нефтегазовая вертикаль. 2018. № 20. С. 58.

УДК 621.3.051

Е. В. Абакумов

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

В настоящее время сложилась тенденция «старения» парка электротехнического оборудования, и современные условия использования требуют новых бесконтактных методов контроля и диагностики оборудования под рабочим напряжением – недорогих, простых и оперативных. Основопологающим является бесперебойная работа электротехнического оборудования систем электропитания, продление его срока службы и повышение качества обслуживания потребителей электроэнергии.

Основное технологическое оборудование энергетических предприятий, нуждающееся в оснащении диагностическими системами мониторинга, представлено в табл. 1.

Таблица 1

Анализ параметров контроля электрооборудования

№	Тип высоковольтного оборудования	Параметры состояния, нуждающиеся в стационарном контроле
1	Силовые маслонаполненные трансформаторы	– состояние изоляции обмоток; – состояние масла; – состояние вводов
2	Коммутационное оборудование	– Остаточный коммутационный ресурс главных контактов; – состояние привода; – состояние изоляции
3	Кабельные линии	– состояние изоляции линии; – состояние соединительных муфт
4	Воздушные линии	– состояние подвесной изоляции; – контроль импульсных и грозовых перенапряжений
5	Измерительные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН)	– состояние изоляции ТТ и ТН; – состояние вводов
6	Ограничители напряжения	– величина тока проводимости; – гармоники в токе проводимости
7	Высоковольтные электрические машины	– состояние изоляции статора; – вибрационные параметры опорных подшипников и пакета статора

На практике применяются следующие методы контроля технического состояния электрооборудования.

1. Мониторинг масла.

Этот метод включает сбор и тестирование машинных масел, смазочных материалов для оборудования или других жидкостей для определения состояния одной/нескольких жидкостей и машин. По мере износа, перегрева или тенденции к отказу машин в смазочных маслах и других рабочих жидкостях откладываются загрязнения. Они обнаруживаются при тщательном анализе проб масла. Затем данные этих исследований можно интерпретировать, чтобы указать на надвигающиеся отказы [1].

Виды оборудования, подлежащего мониторингу масла:

- силовые трансформаторы;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;

- шунтирующие реакторы;
- высоковольтные выключатели;
- высоковольтные вводы;
- маслонаполненные кабельные линии.

Метод включает в себя ряд анализов и испытаний:

- феррография (заключается в осаждении частиц изнашивания из пробы масла в магнитном поле на поверхности стеклянной пластины с последующим их анализом на микроскопе);
- анализ на наличие воды;
- тест кинематической вязкости;
- атомные выбросы спектроскопии для идентификации присутствия загрязнений;
- диэлектрические испытания прочности;
- анализ микробного состава;
- индекс количественной оценки частиц (содержание железа);
- преобразование Фурье инфракрасной спектроскопии;
- ультрафиолетовая спектроскопия;
- потенциометрическое титрование/общее кислотное число и общее щелочное число;
- испытание осадка.

2. Мониторинг вибрации.

Оборудование и детали реагируют на вибрации различными способами, которые могут использоваться для выявления дефектов, вызванных несносностью, дисбалансом или конструктивными недостатками. Износ деталей машин, подшипников, роторов и валов вызывает вибрацию этих деталей с определенными шаблонами, которые можно регистрировать и анализировать. Различные детали вибрируют по-разному, а изношенные или несбалансированные имеют уникальные сигнатуры вибрации, которые можно отслеживать и использовать для прогнозирования отказов деталей.

Данный метод мониторинга содержит:

- анализ ударных импульсов;
- быстрое преобразование Фурье;
- анализ широкополосной вибрации;
- ультразвуковой анализ;
- определение спектральной плотности мощности;
- анализ временной формы волны;
- спектрограмму/анализ спектра.

3. Мониторинг состояния цепей двигателя.

Это комплекс компьютеризированных тестов для определения общего состояния электродвигателя и возможных источников потенциальных отказов. Электрический дисбаланс и ухудшение изоляции являются основными причинами отказа машины и находятся в центре внимания испытаний.

Некоторые тесты являются тестами типа «годен/не годен», тогда как результаты других тестов необходимо отслеживать с течением времени, чтобы определить развитие сбоя. Эти испытания обычно подразделяются на испытания на основе напряжения или тока. Точки проверки при этом следующие:

- силовая цепь/сигнатура тока;
- онлайн- и автономное тестирование (режимы тестирования);
- ротор;
- статор;
- изоляция;
- качество электроэнергии;
- воздушный зазор.

4. Мониторинг изменения температуры (термография/инфракрасная термография).

Термография – это исследование тепловых структур в машинах и объектах. Изображения фиксируют диаграммы теплового излучения, испускаемого электрооборудованием. Анализ данных используется для выявления потенциальных отказов или деградации частей механизмов. Как правило, оборудование и детали нагреваются по мере развития отказа деталей. Температурные аномалии и

перепады температур могут указывать на смещение, дисбаланс, неправильную смазку, изношенные компоненты, нежелательные механические нагрузки и электрический перегрев.

Термографический осмотр помогает выявить проблемы безопасности, такие как перегрев электрических соединений, утечки в трубах и слабые места в сосудах высокого давления.

Виды оборудования, подлежащего температурному мониторингу:

- силовые трансформаторы и их высоковольтные вводы;
- коммутационное оборудование: силовые выключатели и разъединители;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- разрядники и ограничители перенапряжения (ОПН);
- ошиновки распределительных устройств (РУ);
- изоляторы;
- контактные соединения;
- генераторы (лобовые части и сердечник);
- линии электропередачи (ЛЭП) и их конструктивные элементы (например, опоры ЛЭП)

и т. д. [2].

Метод включает в себя:

- тестирование электрических, трубопроводных и машиностроительных работ;
- сравнительную количественную термографию;
- сравнительную качественную термографию;
- наклейки с краской (изменение цвета при температурах, не соответствующих спецификации);
- применение жидкостей, которые меняют цвет при температурах, не соответствующих спецификациям;
- импульсно-фазовую термометрию;
- импульсную термометрию.

5. Ультразвуковой мониторинг.

При ультразвуковом контроле оборудования, подшипников и вращающихся механизмов используются высокочастотные звуковые волны для обнаружения дефектов деталей, таких как утечка, посадка деталей и кавитация. Во многих случаях крошечные изменения сил трения можно обнаружить с помощью ультразвукового контроля, поэтому он может быть отличным помощником в тестировании наряду с ИК-анализом и анализом вибрации.

Ультразвуковой мониторинг может принести пользу почти всем областям производственных процессов. Он обеспечивает раннее предупреждение персонала об ухудшении состояния деталей машин, которое в противном случае могло бы быть замаскировано окружающим шумом и температурой.

Метод данного мониторинга включает:

- измерение ультразвука в воздухе;
- метод обратного рассеяния ультразвука;
- измерение затухания эхо-сигнала на задней стенке;
- ультразвуковое измерение толщины стенки труб и т. д.
- испытание фазированных решеток;
- автоматический и непрерывный ультразвуковой контроль;
- внутренние вращающиеся системы контроля;
- испытания на акустическую эмиссию;
- ультразвук с сухим соединением тестирования;
- ультразвуковой контроль на большом расстоянии;
- акустический диапазон;
- время пролета дифракции.

6. Радиационный мониторинг.

В этом методе используется радиационная визуализация для выявления внутренних дефектов оборудования и деталей. Внутренняя коррозия и дефекты поглощают различное количество излучения, которое можно измерить и проанализировать. Применение данного метода включает проверку

сварных деталей, отливок и спеченных деталей. Он основан на измерении дифференциального поглощения излучения, проникающего через деталь или материал. Этот подход является одним из самых тщательных доступных методов неразрушающего контроля.

Метод содержит:

- обратное рассеяние нейтронов;
- компьютерную рентгенографию;
- компьютерную томографию;
- прямую рентгенографию;
- нейтронную радиографию.

7. Электрический мониторинг.

Этот подход применяет принципы отклонений электрических параметров для выявления неисправностей и дефектов. Такие характеристики, как сопротивление, индукция, емкость, импульсная характеристика, частотная характеристика и др., используются для обнаружения потенциальных проблем при техническом обслуживании. Центральным элементом этой методологии является измерение тенденций деградации электрической системы, чтобы можно было предпринять превентивные меры до любого отказа системы. Точкой проверки является изоляция кабеля.

Метод включает:

- тестирование мегомметра;
- тестирование высокого потенциала;
- анализ сигнатуры мощности;
- тестирование импеданса батареи;
- тестирование скачков напряжения;
- анализ цепи двигателя;
- измерение поля переменного тока.

8. Электромагнитные измерения.

В этой категории испытаний измеряются искажения магнитного поля и изменения вихревых токов для выявления трещин, коррозии, слабых мест и других дефектов. Магнитное поле применяется к поверхностным стенам, создавая магнитные поля. Эти поля мешают друг другу, вызывая закономерности. Вихретоковая отчетность за продолжительный период используется для выявления постепенного ухудшения качества материала и характеристик поверхности. Аналогично электромагнитное испытание индуцирует электромагнитное поле или электрический ток внутри трубки или тестового объекта. Дефекты создают помехи, которые можно измерить и проанализировать. Для использования этих свойств были разработаны различные методы, включающие:

- контроль с помощью магнитных частиц;
- рассеяние магнитного потока;
- метод магнитной памяти металла;
- импульсные вихревые токи;
- вихревые токи в удаленном и ближнем поле;
- насыщенные низкочастотные вихревые токи;
- вихретоковые испытания.

9. Мониторинг производительности.

Этот традиционный подход к мониторингу производственного оборудования предполагает проведение визуального осмотра, на основе которого можно было бы судить о надлежащем функционировании электрооборудования. Данный метод также использует отслеживание ряда производственных показателей для выявления отклонений в ожидаемых результатах. При изменении объемов производства, увеличении дефектов или заметном отклонении физических характеристик от нормы (звук, тепло, вибрация) эти параметры могут указывать на проблемы с оборудованием и возможные сбои.

Приведенный метод мониторинга оборудования является ценным там, где недоступны передовые технологические методы тестирования. Интерпретация результатов во многом зависит от тщательного ведения записей и применения практического опыта [3].

Метод включает:

- визуальный осмотр;

- аудиоконтроль;
- сенсорный контроль;
- измерение температуры;
- измерение давления;
- анализ тенденции производительности;
- анализ простоев.

Перечисленные выше методы мониторинга обладают уникальными преимуществами, которые позволяют:

- увеличивать срок службы оборудования электрических систем;
- снижать риск возникновения возможных отказов;
- уменьшать затраты с течением времени из-за не слишком частого обслуживания или необходимости замены полностью разрушенных деталей из-за необнаруженного отказа;
- снижать риски здоровью и безопасности обслуживающего персонала за счет предотвращения отказов до их возникновения;
- уменьшать незапланированные простои.

Применение обозначенных методов мониторинга технического состояния электрооборудования систем электроснабжения способствует повышению эффективности производственного процесса благодаря своевременному анализу, проведению измерений и устранению простоев, а также значительному снижению риска производства деформированных, поврежденных или иным образом непригодных для использования в электрических системах механизмов.

Библиографический список

1. Machinery and equipment MRO URL: <https://www.mromagazine.com/features/complete-list-of-condition-monitoring-techniques/> (дата обращения: 25.01.2021).
2. Condition Monitoring of Rotating Machines: A Review URL: <http://www.worldscientificnews.com/> (дата обращения: 31.01.2021).
3. Novel Diagnostic Techniques for Rotating Electrical Machines – A Review URL: <https://www.mdpi.com/journal/energies> (дата обращения: 01.02.2021).

УДК 681.873.2-2(075.8)

А. В. Абрамов

ученик 356 школы с углубленным изучением иностранных языков

Р. А. Бурдин – студент 2 курса магистратуры – научный руководитель

КРАНОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ. НАЗНАЧЕНИЕ, РАЗНОВИДНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ

Что такое электродвигатели? Крановые электродвигатели – это электрические устройства, которые приводят в движение механизм крана. Сам электродвигатель преобразует энергию электричества в механическую энергию. Все действие происходит согласно закону Ампера, когда вокруг проволоки, где протекает электрический ток, образуется магнитное поле. При вращении этой проволоки внутри магнита каждая ее сторона будет поочередно притягиваться к полюсам. Таким образом, будет происходить вращение проволоочной петли.

В зависимости от условий работы крановые электродвигатели подразделяются на двигатели постоянного и переменного тока, например, асинхронные двигатели, которые могут быть как с фазным, так и с короткозамкнутым ротором.



Рис. 1. Крановые электродвигатели

Двигатель постоянного тока

Электродвигателями постоянного тока комплектуются такие крановые установки, которым требуется производить частые включения в течение часа или всей рабочей смены. Они позволяют регулировать частотный диапазон в достаточно широком диапазоне.

Простейший двигатель, являющийся машиной постоянного тока, состоит из постоянного магнита, расположенного на индукторе, одного электромагнита с явно выраженными полюсами на якоре, щеточно-коллекторного узла с двумя пластинами и двумя щетками.

ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

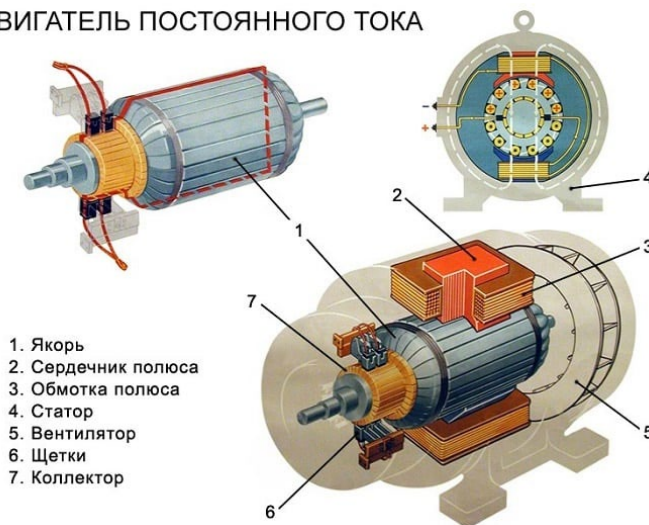


Рис. 2. Конструкция двигателя постоянного тока

Основное выражение для скорости двигателя постоянного тока:

$$\omega = \frac{U - I \cdot R}{C \cdot \Phi} \text{ [об/мин]},$$

где U – подводимое к обмотке якоря напряжение [В]; I – ток обмотки якоря [А]; R – сопротивление цепи обмотки якоря [Ом]; C – конструктивная постоянная машины; Φ – поток, создаваемый обмоткой возбуждения [Вб].

К достоинствам машины постоянного тока относят:

- простоту устройства управления;
- легкое регулирование частоты вращения;
- хорошие пусковые свойства;
- компактность относительно других двигателей.

Из недостатков выделяют:

- необходимость дополнительного оборудования для осуществления плавного пуска;
- дороговизну изготовления;
- ограниченный срок службы из-за износа коллектора;
- необходимость профилактического обслуживания коллекторно-щеточных узлов;
- необходимость использования выпрямительных устройств для питания от сети переменного тока.

Двигатель переменного тока

Двигателем переменного тока является электрический двигатель, питание которого осуществляется переменным током. В зависимости от устройства они бывают синхронные и асинхронные. Главное их отличие состоит в том, что частота вращения ротора либо совпадает с частотой магнитного поля, либо не совпадает. Однако наиболее распространены в наше время асинхронные электродвигатели. Синхронный электродвигатель имеет больше недостатков по сравнению с другими, например, большую стоимость, пуск и регулирование скорости сложнее чем у асинхронного, он имеет более сложную конструкцию.

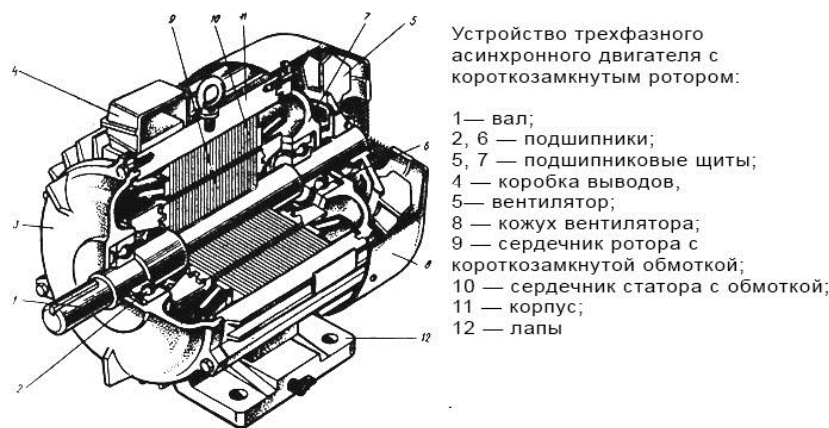


Рис. 3. Конструкция двигателя переменного тока

Отличительной особенностью таких установок являются хорошие тяговые характеристики.

Принцип действия асинхронного двигателя заключается в том, что ток в обмотках статора создает вращающееся магнитное поле. Оно наводит в роторе ток, который начинает взаимодействовать с магнитным полем таким образом, что ротор начинает вращаться в ту же сторону, что и магнитное поле. В двигательном режиме частота вращения ротора немного меньше, а в генераторном режиме – больше частоты вращения магнитного поля. При равенстве скоростей поле перестает наводить в роторе ток, и на ротор перестает действовать сила Ампера.

Достоинства двигателя переменного тока:

- простота изготовления;

- высокая надежность;
- невысокие эксплуатационные затраты;
- возможность включения в сеть без каких-либо преобразователей.

Недостатки:

- небольшой пусковой момент;
- высокий пусковой ток;
- регулировать частоту вращения вала можно только изменяя входную частоту тока.

В зависимости от условий крановые двигатели подразделяются на двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором. Пример серий двигателей с фазным ротором – МТН; пример серии двигателя с короткозамкнутым ротором – серия МТКН.

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором

Короткозамкнутая обмотка ротора состоит из медных или алюминиевых стержней, концы которых соединяют с короткозамыкающими кольцами при помощи сварки. Для изготовления сердечника ротора применяется специальная легированная электротехническая сталь. Ротор с такими стержнями называют короткозамкнутым, или ротором типа «беличья клетка», поскольку расположенные на роторе стержни напоминают беличье колесо.

Короткозамкнутый ротор

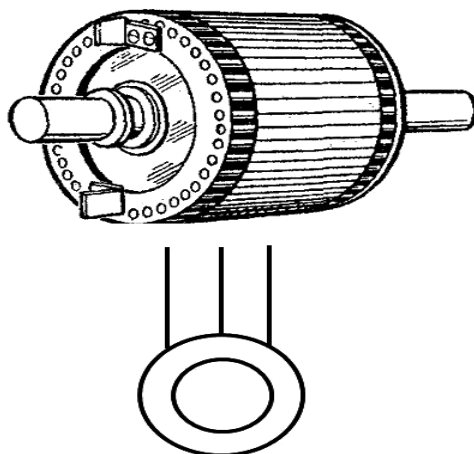


Рис. 4. Короткозамкнутый ротор

К тому же стержни «беличьей клетки» немного наклонены по отношению к оси вращения – они не параллельны валу. Наклон сделан для того, чтобы момент вращения сохранялся постоянным и не пульсировал. Будь стержни без наклона – может возникнуть эффект пульсации магнитного поля ротора.

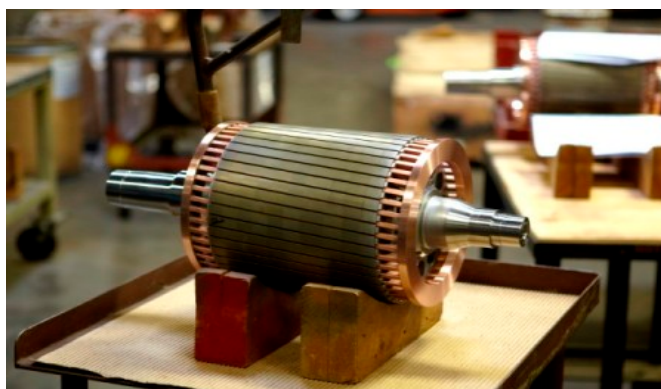


Рис. 5. Короткозамкнутый ротор с медной обмоткой

Электродвигатели с короткозамкнутым ротором отличаются меньшей массой и меньшей себестоимостью. Недостатком является малый момент, создаваемый на валу, а это в свою очередь приводит к дефициту усилия. Поэтому двигатели с короткозамкнутым ротором устанавливаются на маломощные крановые установки, предназначенные для перемещения грузов небольшой массы с малой скоростью.

Асинхронный электродвигатель с фазным ротором

Асинхронные двигатели с фазным ротором, в отличие от асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, имеют на роторе полноценную трехфазную обмотку. Подобно тому, как на статоре уложена трехфазная обмотка, так же и в пазах фазного ротора уложена трехфазная обмотка. С помощью щеток, скользящих по этим кольцам, в цепь обмотки ротора включается внешняя регулирующая цепь, которая позволяет управлять скоростью ротора.

Фазный ротор

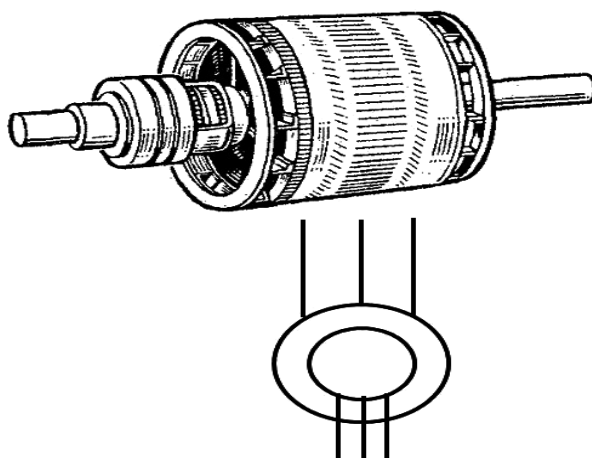


Рис. 6. Схематичное изображение фазного ротора

Еще одним отличием является увеличенное наведенное напряжение и более низкое имеющееся напряжение.

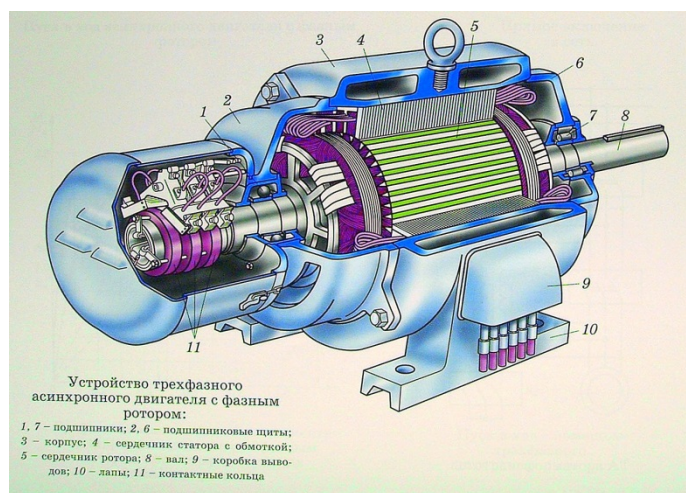


Рис. 7. Конструкция асинхронного двигателя с фазным ротором

Данный тип трехфазных асинхронных электрических машин отличается плавным пуском и большой нагрузочной способностью. За счет чего их устанавливают на краны среднего и тяжелого типа, перемещающие тяжеловесные грузы. Позволяют регулировать усилие момента на валу в трех- и четырехшаговом режиме, пропорционально повышая мощность воздействия.

Выводы

Исходя из вышеперечисленного можно сказать, что выбор крана для выполнения какой-либо работы – это непростая задача. Нужно учесть множество деталей, таких как грузоподъемность крана, статические и динамические нагрузки, приведенные к валу двигателя, параметры режима работы, условия питания. В некоторых случаях также нужно учитывать прочность и изоляционные свойства электродвигателя, например, для мостовых и порталных кранов.

Для мощных грузоподъемных машин лучше всего использовать электродвигатели постоянного тока. Использование таких двигателей для работы с малыми грузами будет экономически неэффективно.

Для подъема относительно легких объектов используют краны с асинхронными электродвигателями переменного тока. Они экономически выгоднее по сравнению с двигателями постоянного тока и для их питания от сети переменного тока не надо использовать специальные выпрямительные устройства.

Библиографический список

1. ASUTPP. Заметки электрика. URL: <https://asutpp-ru.turbopages.org/asutpp.ru/s/kranovye-el-ektrodvigateli.html> (дата обращения: 25.03.2021).
2. Electric-220.ru URL: https://electric-220.ru/news/vidy_ehlektrodvigatelej_ustrojstvo_princip_raboty/2014-06-03-623 (дата обращения: 25.03.2021).
3. Electric-220.ru URL: https://electric-220.ru/news/kranovye_ehlektrodvigateli/2018-05-04-1502 (дата обращения: 24.03.2021).
4. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_двигатель#Двигатели_переменного_тока (дата обращения: 25.03.2021).
5. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Асинхронная_машина (дата обращения: 25.03.2021).
6. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электродвигатель_постоянного_тока (дата обращения: 25.03.2021).

УДК 811.161.1

Д. Б. Асфар

студентка кафедры управления в технических системах

Ю. А. Ганьшин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

КЛАССИФИКАЦИЯ МАНИПУЛЯТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Развитие современных технологий все чаще показывает взаимосвязь аппаратной и программной частей устройств, в результате которой возникают интегрированные системы, называемые «мехатронные» [1].

Из-за большого разнообразия конструкций мехатронных комплексов и областей их использования выбор какой-либо точной классификации систем является затруднительным, так как системы различных классов связываются несколькими критериями.

Ниже представлена примерная классификация, которая позволяет сформировать представление о существующих современных мехатронных комплексах на сегодняшний день.

1. Макромехатронные системы:
 - 1.1. антиблокировочная система ABS;
 - 1.2. система курсовой устойчивости ESP;
 - 1.3. электрогидравлическая система торможения ЕНВ.
2. Манипуляционные системы:
 - 2.1. классические манипуляторы;
 - 2.2. многозвенные манипуляторы;
 - 2.3. манипуляторы на подвижной основе.
3. Системы маятниковых конструкций:
 - 3.1. Маятник Фуруты;
 - 3.2. Ball Bot;
 - 3.3. Segway;
4. Мобильные робототехнические системы:
 - 4.1. колесные;
 - 4.2. гусеничные;
 - 4.3. шагающие.

В основе робототехнических исследований лежит желание синтезировать часть функций человека с помощью механизмов, сенсоров, приводов и компьютеров. Чтобы осуществить этот грандиозный замысел, необходимо реализовать множество идей из нескольких «классических» областей [2].

На сегодняшний день робототехнические исследования проводят специалисты из разных областей, так как одному человеку сложно охватить всю область исследования роботов. Условно робототехнические системы делятся на четыре основные области: механическая манипуляция, передвижение, машинное зрение, а также ИИ [2].

Высокая манипулятивность современных мехатронных комплексов, их приспособляемость к внешней среде и относительная автономность весьма привлекательны для целого ряда областей применения – автоматизированного производства, космических и подводных исследований, автомобильной промышленности, электроники, электротехники, металлообработки, машиностроения, химической промышленности, медицины, фармацевтики, продовольствия, сельского хозяйства, образования и др [3].

Манипуляционные комплексы широко используются в промышленности и производстве. Они позволяют осуществлять производство и не использовать человеческие ресурсы. С их помощью выполняются четыре основных класса операций:

- 1) упаковка, транспортировка;
- 2) резка и сварка;
- 3) обработка поверхностей;
- 4) сборка.

Транспортировка заключается в перемещении предметов между заданными точками. Точность позиционирования – главный показатель качества таких манипуляторов. Резка и сварка изделий обязывают манипуляционного робота не только точности перемещения, но и поддержания заданной траектории. Следовательно, высокие требования накладываются не только к статическим характеристикам манипулятора, но и к его динамике [4]. Что касается сборки крупных объектов, то она требует от манипуляторов высокой грузоподъемности, поскольку масса навесного оборудования достаточно большая.

Промышленные манипуляционные роботы, которые предназначены для обработки изделий, делятся на следующие классы:

- 1) манипуляторы для силовых операций;
- 2) манипуляторы для бесконтактной обработки.

К первому классу относятся такие технологические операции, в которых манипулятивный робот производит механическую обработку деталей, то есть на него устанавливают необходимые для обработки инструменты, а его система управления поддерживает соответствующие алгоритмы.

Ко второму классу относятся такие операции, как очистка и покраска, не требующие прямого контакта с поверхностью. Здесь основным требованием к манипулятору является точное перемещение по траектории с поддержанием постоянного расстояния от поверхности изделия. Эти роботы-манипуляторы обычно оснащены датчиками положения, а также обладают высокой грузоподъемностью.

Роботизирование систем ведет к автоматизации производственных процессов, уменьшая в них роль человека и сбоев из-за «человеческого фактора» [5]. Данный процесс интеграции техники в производственный процесс означает снижение стоимости продукта и повышение качества. Процесс повышения роботизированности системы увеличивает манипулятивность и функциональные возможности робота, что в целом обеспечивается за счет дополнительных звеньев его кинематической цепи.

Многосвязные стационарные и подвижные манипуляторы, которые обладают большой степенью свободы, кинематически избыточны, а это является обязательным условием для выполнения задач в сложной среде, например, для точного перемещения по сложным криволинейным контурам и поверхностям. Однако проблемы пространственного движения многосвязных (избыточных) роботов провоцируют трудности управления из-за увеличения сложности модели объекта и выполняемой задачи [6], [7].

Таких роботов можно классифицировать по следующим признакам [8]:

1. По характеру выполняемых технологических операций:
 - 1.1. основные;
 - 1.2. вспомогательные;
 - 1.3. универсальные.
2. По грузоподъемности:
 - 2.1. сверхлегкие (до 10Н);
 - 2.2. легкие (до 100Н);
 - 2.3. средние (до 2000Н);
 - 2.4. тяжелые (до 10000Н);
 - 2.5. сверхтяжелые (свыше 10000Н).
3. По типу силового привода:
 - 3.1. электромеханический;
 - 3.2. пневматический;
 - 3.3. гидравлический;
 - 3.4. комбинированный.
4. По подвижности основания:
 - 4.1. мобильные;
 - 4.2. стационарные.
5. По числу подвижностей манипулятора.

На сегодняшний день во многих отраслях применяются роботы-манипуляторы, которые способны выполнять совершенно различные функции. Рассмотрим некоторые из них.

Немецкие манипуляторы Kuka (рис.) – это 6-осевые роботы разных размеров и грузоподъемности. Задачи, которыми они занимаются, совершенно различны: склеивание, герметизация, вспени-

вание и многие другие, требующие высокой точности траектории. Роботы Kuka низкого класса грузоподъемности справляются с тестированием компонентов, монтажом мелких деталей или шлифованием, полированием и сборкой, а также загрузкой и разгрузкой машин [9].



Рис. 1. Робот Kuka

Сварочные комплексы Arcsystem компании Yaskawa (рис. 2) представляют собой ограждение с одним или двумя роботами, выполняющими сварочные операции. Комплекс подбирается исходя из нужд производства, насчитывается более шестисот возможных комбинаций с разными сварочными горелками с воздушным или водяным охлаждением, треками для перемещения роботов и основаниями для них [10].



Рис. 2. Yaskawa Motoman Robot

Манипулятор UR3 (рис. 3) компании Universal Robots используется с исследовательским, фармацевтическим, сельскохозяйственным, электронным и технологическим оборудованием. Данный манипулятор справляется с такими задачами, как монтаж мелких деталей, склеивание, свинчивание, работа с инструментом, пайка и окраска. Радиус его действия составляет 500 мм, что позволяет устанавливать манипулятор в тесных местах и эффективно использовать практически с любым производственным оборудованием [11].

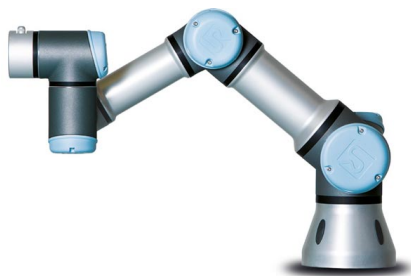


Рис. 3. Манипулятор UR3

Универсальный робот LRMate 200iD (рис. 4) компании Fanuc применяется в качестве помощника при сборке и обслуживании станков, сортировке предметов. Манипулятор работает практически бесшумно, его можно использовать в различных сферах промышленности – работе с продуктами питания, ювелирных работах и др. Он имеет небольшие габариты, способен перемещать и обрабатывать детали весом до 7 кг, а благодаря функции поворота робот может совершать сложные действия [12].



Рис. 4. LRMate 200iD

Мобильные робототехнические мехатронные системы часто можно отнести как к манипуляционным системам, так и к макромехатронным. Сфера применения таких комплексов очень обширна и со временем только расширяется. Они нашли широкое применение в военных технологиях, где используются автоматические устройства, частично заменяющие человека в боевых условиях и при работе в условиях, несовместимых с возможностями человека.

Особенностями манипулятивных роботов является их способность к взаимодействию с объектами окружения, а также умение адаптации к сложной, неопределенной подвижной внешней среде. Они обладают высокой маневренностью и расширенной функциональностью. Данные особенности позволяют роботам выполнять сложные неординарные задачи, такие как обход препятствий, проникновение в труднодоступные области рабочего пространства и подходы к внешним объектам.

В настоящее время в области робототехники накоплен большой опыт создания различных роботов-манипуляторов, однако современные мехатронные комплексы нуждаются в первую очередь в системах управления, в «интеллекте», а механизмы и части конструкции, отвечающие за маневренность, уходят на второй план, так как уже значительно развиты.

Библиографический список

1. Isermann R. Mechatronic systems – Innovative products with embedded control // Control Engineering Practice. 2008. N 16. P. 14–29.
2. Craig J. Introduction to robotics: Mechanics and control. 3rd ed. Reading, MA: Addison – Wesley, 1986. P. 19–256.
3. International Federation of Robotics. URL: <https://ifr.org/> (дата обращения: 12.11.2020).
4. Механика промышленных роботов / Под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Т. 1: Кинематика и динамика. М.: Высшая школа, 1988. 304 с.
5. Бурдаков С. Ф., Дьяченко В. А. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. М.: Высшая школа, 1986. 264 с.
6. Шаветов С. В. Адаптивные алгоритмы управления сложными мехатронными комплексами: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2014. 132 с.
7. Федотов А. Н. Повышение эффективности информационно-измерительных и управляющих систем промышленных роботов для контактной точечной сварки: дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 128 с.
8. Юревич Е. И. Управление роботами и робототехническими системами. СПб.: БХВ-Петербург. 2001. 168 с.
9. KUKA. Industrial robots from KUKA. URL: <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/industrial-robots> (дата обращения: 21.12.2020).
10. Motoman Robotics: Industrial Robotic Automation. URL: <https://www.motoman.com/en-us> (дата обращения: 22.12.2020).
11. Universal Robots UR3/CB3. URL: <https://www.siemens-pro.ru> (дата обращения: 10.01.2021).
12. Промышленный робот FANUC LRMate 200iD – Fanuc. URL: <https://www.fanuc.eu> (дата обращения: 10.01.2021).

В. Д. Афанасьев

студент кафедры технологий защиты информации

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

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ФИНАНСОВОМУ МОШЕННИЧЕСТВУ

Противодействие мошенничеству, в том числе в сфере кредитно-финансовых услуг, – важнейшая задача, способы решения которой еще разрабатываются в наше время. В данной статье анализируются важные аспекты, связанные с финансовой безопасностью и актуальными проблемами, с которыми каждый сталкивается при взаимодействии с электронными финансовыми операциями.

Согласно рейтингу глобальных рисков Всемирного экономического форума проблема киберпреступности входит в первую пятерку. Киберугрозы постоянно развиваются, по мере того как киберпреступность приобретает все более сложный и транснациональный характер.

Именно финансовый сектор становится одним из самых привлекательных объектов для нападений киберпреступников. Согласно исследованию компании Mediascope за июнь 2020 г. более 90 % респондентов хотя бы раз в год оплачивают покупки в Интернете. Мобильная связь, интернет-магазины, оплата коммунальных услуг, электронные билеты – все сферы жизни современного человека напрямую зависят от электронных платежей [1]. Именно поэтому так важно знать о возможных угрозах и уметь им противостоять.

Назовем основные киберугрозы финансового сектора:

- кража учетных и личных данных кредитно-финансовых учреждений и их клиентов;
- манипулирование похищенными из финансовых учреждений данными для получения финансовой или политической выгоды;
- нанесение прямого или косвенного ущерба организации, используя вредоносные программы;
- дезинформация;
- совершенствование методов кибертерроризма.

Финансовый сектор особенно уязвим по отношению к кибератакам. Успешная атака на одну организацию может быстро распространиться через многочисленные взаимосвязи, объединяющие финансовую систему. Тем более, что организации все еще пользуются устаревшими системами защиты.

Статистически более 17 % от всего объема кибератак приходится на финансовый сектор. Ежегодные убытки мировой экономики от кибератак составляют более 1 трлн долларов, а ущерб РФ достигает более 600 млрд рублей в год.

Статья 159 Уголовного кодекса РФ определяет мошенничество как «завладение денежными средствами или имуществом гражданина путем обмана или злоупотребления доверием». Однако далеко не всегда неправомерные действия на финансовом рынке можно рассматривать как мошенничество в рамках уголовного законодательства. Наоборот, наибольшее распространение получили именно «относительно честные» способы отъема денег, которые выглядят как обман, но юридически мошенничеством не являются.

Рассмотрим наиболее распространенные методы финансового мошенничества.

Одна из самых распространенных сфер деятельности мошенников связана с банковскими картами. Главная задача мошенников – получить доступ к информации о реквизитах банковской карты клиента, для этого применяются простейшие методы социальной инженерии, когда владелец карты сам рассказывает мошеннику важные данные, даже не задумываясь о последствиях. Еще один вариант – приобретение базы данных держателей карт какого-либо банка, организация рассылки электронных писем, в которых от имени банка требуется пройти сверку данных и ввести PIN-код карты для ее блокировки. Далее – в дело вступает считывание данных с помощью вредоносных программ или иных методов киберпреступников [2].

Другая распространенная схема – получение кредитов и займов по подложному паспорту. Обычно чужие документы используют при оформлении потребительских кредитов на покупку товаров и услуг непосредственно в месте покупки товара, где документы заемщика проверяются только визуально. В таких схемах используются украденные и потерянные паспорта, паспорта умерших людей, а также паспорта людей, доверивших свой паспорт чужим людям, например для оформления договора в медицинских, туристических или финансовых компаниях.

СМС-мошенничество – все еще популярная схема, позволяющая завладеть чужими деньгами без особых усилий. Все подобные схемы снова основываются на невнимательности людей и манипулированием данными. Главная задача – заставить потенциальную жертву самостоятельно перевести средства на необходимый счет.

Фишинговые схемы нацелены на «выуживание» персональных данных карты с помощью фальшивых сайтов, поддельных интернет-магазинов и т. п. Нередко используется рассылка сообщений якобы от известных компаний или банков о заманчивых акциях, для участия в которых необходимо перейти по ссылке на сайт мошенников.

Очень популярны в настоящее время банковские приложения, позволяющие быстро получить доступ к банковским картам, предоставляющие возможность бесконтактной оплаты, электронных платежей, распоряжением средствами и многое другое. Безусловно с точки зрения потребителя эти приложения несут огромную пользу и позволяют всем потребителям распоряжаться своими средствами в несколько кликов на смартфоне.

Но у этого удобства есть обратная сторона. В 2019 г. эксперты компании Positive Technologies, одного из мировых лидеров в сфере комплексной защиты крупных информационных систем от киберугроз, провели исследование 14 полнофункциональных банковских мобильных приложений. На основании исследования были получены следующие результаты – ни одно из исследованных мобильных приложений не обладает приемлемым уровнем защиты [3].

Основные причины совершения мошеннических операций в банковских приложениях:

- Уязвимости в коде приложения – 43 %
- Небезопасная передача данных – 15 %
- Небезопасное хранение данных – 11 %
- Небезопасное отражение данных – 10 %
- Некорректное завершение сессии – 8 %

Основной проблемой можно выделить уязвимости в коде приложения, которые позволяют мошенникам получить доступ к личной информации о картах и их владельцах. Именно поэтому особое внимание следует уделять тестированию созданных приложений для банковских клиентов. Особое внимание следует уделять аутентификации пользователей, которая может быть осуществлена отпечатком пальца.

Несмотря на все технические стороны, основным и наиболее встречающимся методом мошенничества в финансовой сфере до сих пор остается социальная инженерия, то есть совокупность психологических методов, применяемая для выманивания у банковских клиентов их персональной информации.

Как уже было сказано, ответственность за мошенничество предусмотрена ст. 159 Уголовного кодекса РФ «Мошенничество» [4]. Подробнее в табл. 1:

Меры, предпринимаемые Центробанком

За последние годы Банк России, опираясь на мировой опыт, предпринял ряд важных шагов, нацеленных на повышение информационной безопасности финансовой сферы. Разработаны и вводятся общие требования к информационной инфраструктуре банков, их программному обеспечению, системе хранения персональных данных, методам идентификации, криптографической защите данных и т. д.

Банком России принят комплекс документов, описывающий единый подход к построению системы обеспечения информационной безопасности организации банковской сферы с учетом требований российского законодательства – Стандарт Банка России по обеспечению информационной безопасности организации банковской системы РФ (СТО БР ИББС). Он касается безопасности финансовых операций, аутсорсинга, аудита, сбора и анализа данных при реагировании на кибератаки, оценки соответствия информационной безопасности организаций банковской системы требованиям и др.

Таблица 1

Мошенничество, совершенное 1 участником	Мошенничество, совершенное группой лиц по предварительному сговору, с причинением ущерба	Мошенничество, совершенное лицом, с использованием своего служебного положения, в крупном размере	Мошенничество, совершенное организованной группой либо в особо крупном размере или повлекшее лишение права гражданина на жилое помещение
Штраф до 120 000 рублей или в размере заработной платы, или иного дохода осужденного за период до 1 года	Штраф до 300 000 рублей или в размере заработной платы, или иного дохода осужденного за период до 2 лет	Штраф в размере от 100 000 рублей до 500 000 рублей или в размере заработной платы, или иного дохода за период от 1 г. до 3 лет	Лишение свободы на срок до 10 лет со штрафом в размере от 1 000 000 рублей или в размере заработной платы, или иного дохода осужденного за период до 3 лет, или без штрафа и с ограничением свободы на срок до 2 лет, или без ограничения свободы
Обязательные работы на срок до 360 часов	Обязательные работы на срок до 480 часов	Принудительные работы на срок до 5 лет с ограничением свободы до 2 лет или без ограничения	
Исправительные работы на срок до 1 года	Исправительные работы на срок до 2 лет	Лишение свободы на срок до 6 лет со штрафом в размере до 80 000 рублей или в размере или иного дохода осужденного за период до 6 месяцев или без штрафа и с ограничением свободы на срок до полутора лет или без ограничения свободы	
Ограничение свободы на срок до 2 лет	Принудительные работы на срок до 5 лет с ограничением свободы		
Принудительные работы на срок до 2 лет	Лишение свободы на срок до 5 лет с ограничением свободы на срок до 1 г. или без ограничения свободы		
Арест на срок до 4 месяцев			
Лишение свободы на срок до 2 лет			

Внедрение стандарта должно способствовать повышению доверия к банковской системе России.

Недостаточный уровень компьютерных знаний, халатность и беспечность сотрудников организаций создают благоприятные условия для хакерских атак. В связи с этим информационная безопасность организаций в значительной степени зависит от эффективности действий их руководства в области повышения цифровой грамотности персонала и обучения сотрудников правилам безопасной работы с электронной почтой и ресурсами Интернета. Кроме того, организации должны своевременно обновлять антивирусные программы и повышать квалификацию своих специалистов в области информационной безопасности.

ЦБ РФ проводит активную политику, направленную на противодействие мошенническим действиям финансового характера. Суть существующих и планируемых к реализации методов борьбы сводится к следующему:

- усиление ответственности за осуществление деятельности без лицензии;
- проведение контрольных закупок с целью искоренения мисселинга (навязывания продукта);
- блокировка сайтов, которые рекламируют мошенников;
- сотрудничество с «Яндекс», маркирующего финансовые организации при поиске в выдаче;
- создание единой системы, позволяющей получать сведения об абоненте мобильных операторов;
- применение системы поощрений в отношении лиц, предоставивших в компетентные органы информацию о финансовых нарушениях или преступлениях.

Выводы

Финансовый сектор является одним из лидеров в вопросах использования информационных технологий. Одновременно он представляет собой приоритетную мишень для киберпреступников. За прошедшие годы киберпреступники стали значительно более организованными и опытными, а киберугрозы – более глобальными. Очевидно, что обеспечение информационной безопасности останется ключевым направлением развития в ближайшем будущем. Нужны активные действия по обновлению системы защиты, отслеживанию эффективности и надежности работы, а также повышению уровня квалификации персонала, сотрудничеству с клиентами и другими финансовыми организациями.

Библиографический список

1. Онлайн-платежи в России: исследование Mediascope. URL: <https://www.shopolog.ru/metodichka/payments/onlayn-platezhi-v-rossii-issledovanie-mediascope/> (дата обращения: 12.12.2020).
2. Воронцова С. В. Преступления в сфере электронных расчетов и платежей. Правовые и организационно-тактические основы противодействия. М.: Юркомпани, 2015. 336 с.
3. Positive Technologies Уязвимости и угрозы мобильных банков. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/vulnerabilities-mobile-banks-2020/> (дата обращения: 08.12.2020).
4. «Уголовный кодекс Российской Федерации» от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 30.12.2020).

П. В. Бабарыкин

студент кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Дашевский – кандидат технических наук – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДАМИ ДЛЯ РОБОТОВ

В статье проанализированы различные методы для управления сервоприводами с точки зрения их простоты в использовании, функциональности и совместимости. Управление большим числом сервоприводов делает актуальной задачу их связи с управляющей ЭВМ. Можно сравнивать разные униполярные и дифференциальные интерфейсы, в частности, последние включают RS-485 и CAN. А также сравнение Dynamixel 1.0, 2.0 и Modbus.

Введение

CAN (локальная сеть контроллеров) и RS-485 являются популярными стандартами в системах полевых шин. RS-485 реализуется только на физическом уровне (level 1), а CAN – на физическом и канальном (level 2) уровнях модели *Open Systems Interconnection*.

Эти интерфейсы основаны на нескольких узлах, подключенных к общей последовательной шине, причем один или несколько из них могут выступать в качестве ведущего. Оба обеспечивают хорошее подавление помех и предлагают одинаковую скорость работы в зависимости от длины кабеля. Действительно, требования к кабелям и оконечной нагрузке одинаковы или очень похожи.

RS-485

RS-485 не является протоколом, он определяет только физический канал для передачи данных, реализовывать высокоскоростную связь нескольких (до 256) узлов по одной магистрали с одной витой парой.

Содержание сообщения (биты на шине) полностью определяются пользователем. Это является преимуществом с точки зрения простоты, но когда дело доходит до совместимости, это будет считаться как и недостатком (не используется ни одна единственная структура связи), так и преимуществом (многие протоколы используют ее для разных целей).

Внедрение CAN-шины на микроконтроллере может оказаться непростой задачей для правильной и полной отладки. Внедрение протоколов на основе RS-485 обычно довольно просто и быстро.

RS-485 легко добавить практически к любому встроенному или общему вычислительному устройству, поскольку он просто использует недорогую ИС приемопередатчика, подключенную к модулю UART.

Его очень легко отлаживать с помощью осциллографа или логического анализатора.

- Максимальная скорость передачи 10 Мбит (до 12 м)
- Максимальная длина 1200 м (при 100 кбит / с) [1]

Сеть, которая основана на интерфейсе RS-485, представляет собой приемопередатчики, которые соединяются при помощи витой пары. Основой данного интерфейса считается принцип балансированной передачи данных. Его задача – отправление одного сигнала по двум проводам. Оригинальный сигнал идет по проводу А, а его инверсная копия по проводу В. Иным образом, если на одном проводе «1», то на другом «0», и наоборот. Разность потенциалов всегда присутствует между двумя проводами витой пары: положительный результат выдается при «1», при «0» – отрицательна.

Так, сигнал передается при помощи данной разности потенциалов. Такой способ передачи способен обеспечивать высокую устойчивость к синфазной помехе. Синфазная помеха – помеха, действующая на оба провода линии одинаково.

RS-485 является полудуплексным интерфейсом. Прием и передача идут по одной паре проводов с разделением по времени. В сети может быть много передатчиков, так как они могут отключаться в режиме приема.

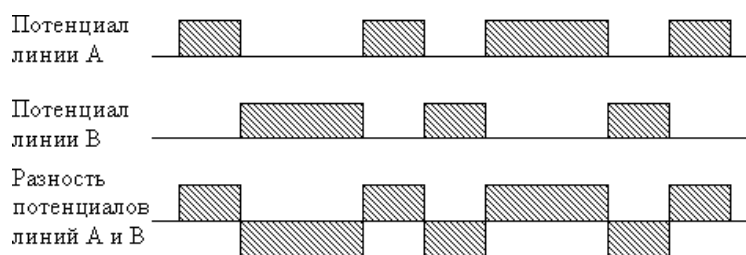


Рис. 1. Передача данных в RS-485

CAN-шина

Внедрение CAN-шины на микроконтроллере низкого уровня может быть по-настоящему сложной работой, если необходимо получить правильную и полную отладку. Как только это действие будет завершено, работать с данным оборудованием будет гораздо проще.

CAN-шина имеет большую встроенную отказоустойчивость – это очень хорошо для проектирования отказоустойчивых/управляемых систем.

Интерфейс шины CAN может быть предоставлен только во встроенных устройствах, которые включают периферийное устройство контроллера шины CAN. Хотя он присутствует не на всех встраиваемых устройствах, многие семейства предлагают версии с его включением без значительного снижения стоимости.

CAN-шина имеет дело с коллизиями, когда несколько устройств хотят отправить данные одновременно. Ограниченные данные разрешены в кадре.

- Максимальная скорость передачи 1 Мбит (до 50 м)
- Максимальная длина 1600 м (при 50 кбит / с) [2]

Согласно протоколу CAN напряжение входного дифференциального сигнала заключено в диапазоне 900 мВ, а в рецессивном режиме – в пределах 120–500 мВ. Если шина находится в холостом состоянии или не нагружена, приемопередатчик находится в рецессивном состоянии, а напряжение на выводах CANH и CANL – в пределах 2–3 В. И в RS-485, и в CAN определены допуски для приложений, в которых качество сигнала может ухудшиться (с экраном или без него), или допуски на длину кабелей, которая может повлиять на емкость всей системы.

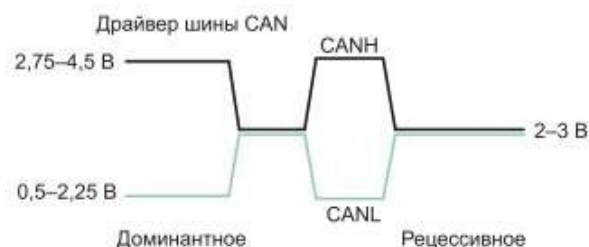


Рис. 2. Допустимый уровень входных дифференциальных сигналов CAN

Dynamixel

Dynamixel – это протокол передачи, который поддерживается многими сервоприводами. Существует две версии протокола на данный момент: 1.0 и 2.0. Основное различие между этими двумя протоколами заключается в структуре их пакетов инструкций и статуса. С устаревшими линейками используется протокол 1.0. В него входят следующие инструкции: Ping, Read, Write, Reg Write, Action, Factory Reset, Reboot, Sync Write и Bulk Read. Данный протокол удобен из-за небольшого размера пакетов и просты команд [3].

Протокол 2.0 можно использовать с последними сериями Dynamixel. Они могут подвергаться обновлению прошивки.

– Протокол 2.0 включает в себя набор всех инструкций, доступных в протоколе 1.0, и добавляет синхронное чтение и массовую запись, которые позволяют более удобно управлять несколькими DYNAMIXEL.

- Таблицы управления DYNAMIXEL, использующие протокол 2.0, расширены и включают в себя элементы управления PID (пропорционально-интегрально- производные), позволяющие выполнять чрезвычайно точные и точно настроенные движения.

- Протокол 2.0 отличается от 1.0 тем, что проверка целостности пакета контрольной суммы заменена методом калькулятора CRC.

- Протокол 2.0 идеально подходит для приложений, требующих точной настройки движений с высокой точностью, или для приложений, которые используют несколько DYNAMIXEL, принимающих команды в массовом порядке.

Протокол 2.0 включает в себя следующие пакет инструкций:

- Пинг (Ping) – инструкция по проверке наличия устройства и основная информация
- Чтение (Read) – инструкция по чтению данных с устройства
- Написание (Write) – инструкция по записи данных на устройство в контрольную таблицу
- Рег. Запись (Reg Write) – инструкция, которая переводит пакет инструкций в состояние ожидания; пакет позже выполняется с помощью команды Action

- Действие (Action) – инструкция, которая выполняет пакет, который был предварительно зарегистрирован с помощью Reg Write

- Сброс к заводским настройкам (Factory reset) – инструкция, которая сбрасывает контрольную таблицу до исходных заводских настроек по умолчанию.

- Перезагрузить (Reboot) – перезагрузка устройства

- Синхронизировать чтение (Sync Read) – инструкция для чтения данных с нескольких устройств одновременно с использованием одного пакета инструкций

- Синхронизация записи (Sync Write) – инструкция для одновременного управления несколькими устройствами с помощью одного пакета инструкций

- Массовое чтение (Bulk Read) – инструкция для одновременного управления несколькими устройствами с помощью одного пакета инструкций

- Массовая запись (Bulk Write) – подобно синхронной записи, это инструкция для одновременного управления несколькими устройствами с использованием одного пакета инструкций [4].

С помощью протокола Dynamixel 2.0 есть возможность ответа сразу на нескольких устройствах с помощью инструкции «синхронизировать записи» «массовое чтение».

MODBUS

Modbus – в протоколе Modbus отсутствует упрощенная система ответов, как в dynamixel, то есть Modbus – протокол типа «ведущий – ведомый», когда в одно и то же время к шине может быть подключено только одно ведущее устройство и один или несколько ведомых устройств. Ведущее устройство может одновременно передавать запросы к конкретному ведомому устройству или всем ведомым устройствам. Ведомые устройства только принимают запросы.

Функции Modbus:

- Битовая адресация – чтение дискретных входов и состояния релейных выходов (от 1 до 2000), запись состояния одного релейного выхода (по выбранному адресу), запись состояния нескольких релейных выходов (для выбранного диапазона адресов),

- 16-битная адресация – чтение регистров данных и параметров (последовательное чтение от 1 до 125 регистров), запись одного или нескольких регистров параметров (при успешном выполнении команды в ответ устройство присылает копию запроса)

- Работа с файловыми записями – чтение записи файлов (позволяет считывать несколько групп записей в 1 запросе), запись данных файла

Диагностические данные – чтение серийного номера изделия (ID) [5].

Заключение

RS-485 очень прост в реализации, надежен с точки зрения целостности данных, а также универсален в использовании.

Со стороны протокола более высокого уровня CAN намного лучше. Он быстро обрабатывает сбои, но его сложнее реализовать в программном обеспечении, если библиотека высокого уровня недоступна для вашей платформы. CAN не очень подходит для приложений, в которых необходимо передавать большие блоки данных.

Наилучшим вариантом относительно протоколов является Dynamixel 2.0, поскольку у него есть возможность получать обратную связь от нескольких устройств, в то время как в Modbus и Dynamixel 1.0 не представляется такой возможности. Версия 2.0 по сравнению с версией 1.0 стала более функциональной, в ней добавились синхронное чтение и массовая запись, которые позволяют более удобно управлять несколькими Dynamixel.

Библиографический список

1. RS-485. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-485> (дата обращения: 20.01.2021).
2. Controller Area Network. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network (дата обращения: 21.01.2021).
3. Dynamixel 1.0. URL: <https://emanual.robotis.com/docs/en/dxl/protocol1/> (дата обращения: 14.02.2021).
4. Dynamixel 2.0. URL: <https://emanual.robotis.com/docs/en/dxl/protocol2/> (дата обращения: 14.02.2021).
5. Краткое описание протокола Modbus. URL: https://intellect-module.ru/downloads/manuals/inode_35D/ModBus_RTU.pdf (дата обращения: 14.02.2021).

УДК 620.4

А. А. Безруков, М. Ф. Зайниева

студенты кафедры электромеханики и робототехники

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Парогазовая установка (ПГУ), или газовая турбина комбинированного цикла, – газотурбинный генератор, генерирующий электроэнергию, а отработанное тепло используется для производства пара, который в дальнейшем участвует в выработке дополнительного электричества через паровую турбину.

Парогазовая установка – эффективная энергетическая установка, используемая для производства электроэнергии. Коэффициент полезного действия (КПД) трехконтурной ПГУ с промежуточным перегревом пара, температура газов в которой перед газовой турбиной находится на уровне 1450 °С, достигает 60 %, что составляет 82 % от теоретически возможного уровня. На сегодняшний день КПД современных паросиловых установок не превышает 40 %, и потенциала к повышению КПД у них практически нет.

В состав энергетического блока комбинированного типа входят следующие основные компоненты, представленные на рис. 1.

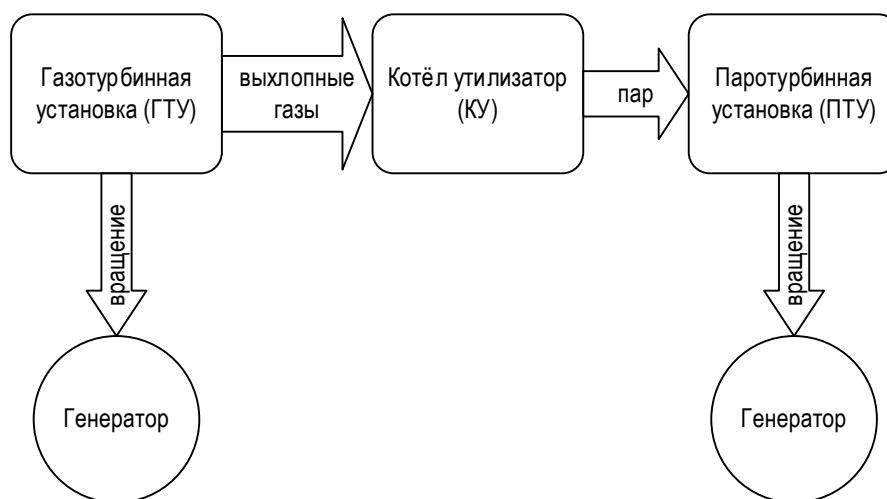


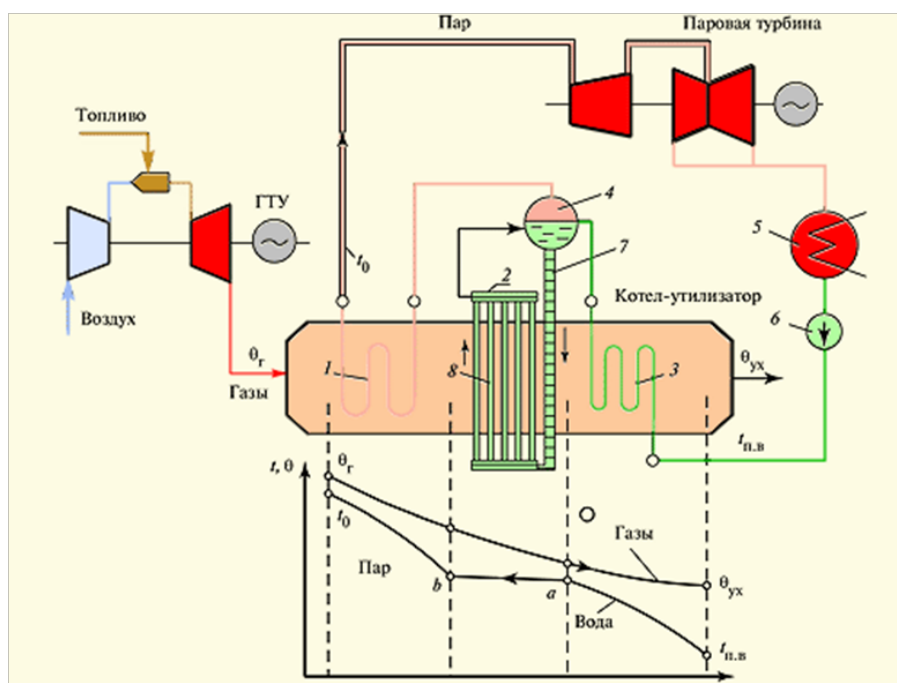
Рис. 1. Основные компоненты энергетического блока комбинированного типа

Парогазовая тепловая электрическая станция обладает большей эффективностью, нежели паротурбинная: в расчете на единицу тепловой нагрузки парогазовые установки тепловые электрические станции вырабатывает больше электроэнергии. На данный момент реализован уже ряд тепловых схем парогазовых установок, они различаются многими особенностями и технологическим процессом. С каждым годом идет непрерывная оптимизация технологического процесса и повышаются технические характеристики ее узлов и элементов. Основными показателями, которые характеризуют качество работы энергетической установки, являются надежность и производительность [1].

На рис. 2 представлен установочный чертеж ГТУ типа V64.3 А, и отмечены ее основные элементы.

В ГТУ вращение турбины происходит посредством термодинамической реакции, получаемой от сжигания газа или дизельного топлива. На валу турбины зафиксирован редуктор, который передает вращение от турбины к генератору. Редуктор служит для согласования количества числа оборотов в минуту вала от турбины к генератору. Вращение ротора в генераторе обеспечивает выработку электричества.

На рис. 3 представлена принципиальная схема упрощенной парогазовой установки утилизационного типа. В теплообменник поступают выхлопные газы ГТУ КУ противоточного типа, в котором в результате теплообмена горячих газов с водой генерируется пар и по трубам направляется в ПТУ.



КУ – это прямоугольная емкость, в которой находится теплообменник, состоящий из труб, через которые протекает вода или пар. В самом общем виде Теплообменник КУ состоит из трех основных элементов: пароперегревателя 1, испарителя 2 и экономайзера 3. Центральная часть теплообменника – испаритель – состоит из барабана, некоторого количества опускных труб и максимально плотно расположенных вертикальных трубок, образующих испаритель 8. Принцип работы испарителя основан на принципе естественной конвекции. Испарительные трубки находятся в зоне повышенных температур по отношению к опускным. В трубках испарителя происходит передача тепла от газов ГТУ к воде, от чего она частично испаряется и поднимается в барабан. Пар концентрируется, собираясь в верхней части барабана и переходит в пароперегреватель 1. Расход пара из барабана 4 компенсируется подводом воды из экономайзера 3. Перед тем как испариться, подаваемая вода большое количество раз пройдет через испарительные трубки. Процесс описанный выше характерен для котла с естественной циркуляцией.

На рис. 3 также изображен график изменения температуры газов и воды при их встречном движении. Значение температуры газов изменяется от значения θ_{Γ} на входе до значения $\theta_{\text{ух}}$ на выходе (температура уходящих газов). Двигаясь на встречу, питательная вода в экономайзере повышает значение температуры до температуры кипения (точка a). После этого вода с температурой, которая близка к температуре кипения, направляется в испаритель. В самом испарителе происходит кипение воды и выделение пара. При этом ее температура остается неизменной (процесс a, b). Рабочее тело в точке b находится в состоянии сухого насыщенного пара. Затем в пароперегревателе происходит его перегрев до значения t_0 .

Перегретый пар, который получился на выходе из пароперегревателя, переходит в паровую турбину, где при расширении совершает работу и приводит приводной вал во вращение. Из турбины отработанный пар переходит в бак конденсатора, конденсируется и через питательный насос 6, повышающий давление питательной воды, переходит снова в КУ.

На рис. 4 представлен установочный чертеж ПТУ типа SST-600.

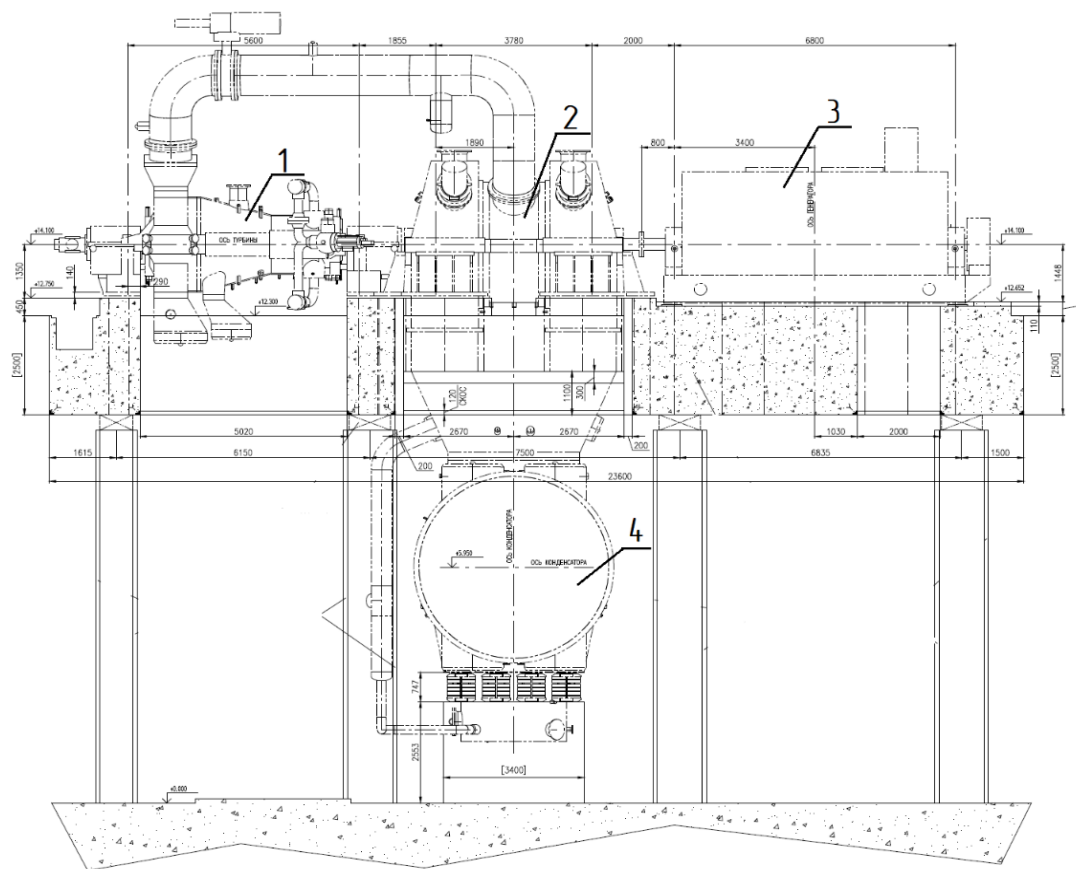


Рис. 4. Установочный чертеж ПТУ типа SST-600: 1 – турбина высокого давления; 2 – турбина низкого давления; 3 – генератор типа SGen5-100A-2P; 4 – бак конденсатора

Технология работы ПГУ совмещает в себе работу двух термодинамических циклов: цикла ГТУ и паросилового цикла Ренкина.

Цикл ГТУ представлен в T-S диаграмме на рис. 5.

Цикл работы ГТУ делится на четыре этапа:

- сжатие в осевом компрессоре 1–2; подвод тепла 2–3 – сжигание топлива в камере сгорания ГТУ;
- расширение в осевой газовой турбине 3–4 – создание вращения на привод компрессора и электрогенератора;
- отвод тепла 4–1 – выброс отработанных газов в атмосферу.

Паросиловой цикл Ренкина представлен на рис. 6. Паросиловой цикл Ренкина в TS-диаграмме, совмещенный с парогазовым циклом, представлен на рис. 7.

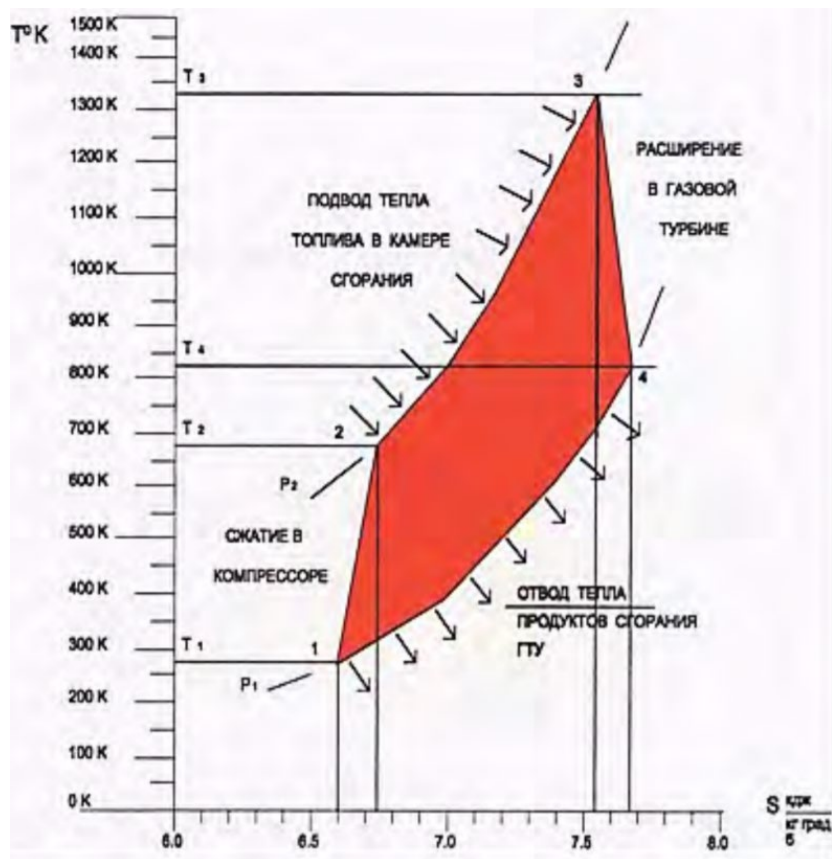


Рис. 5. T-S диаграмма цикла ГТУ

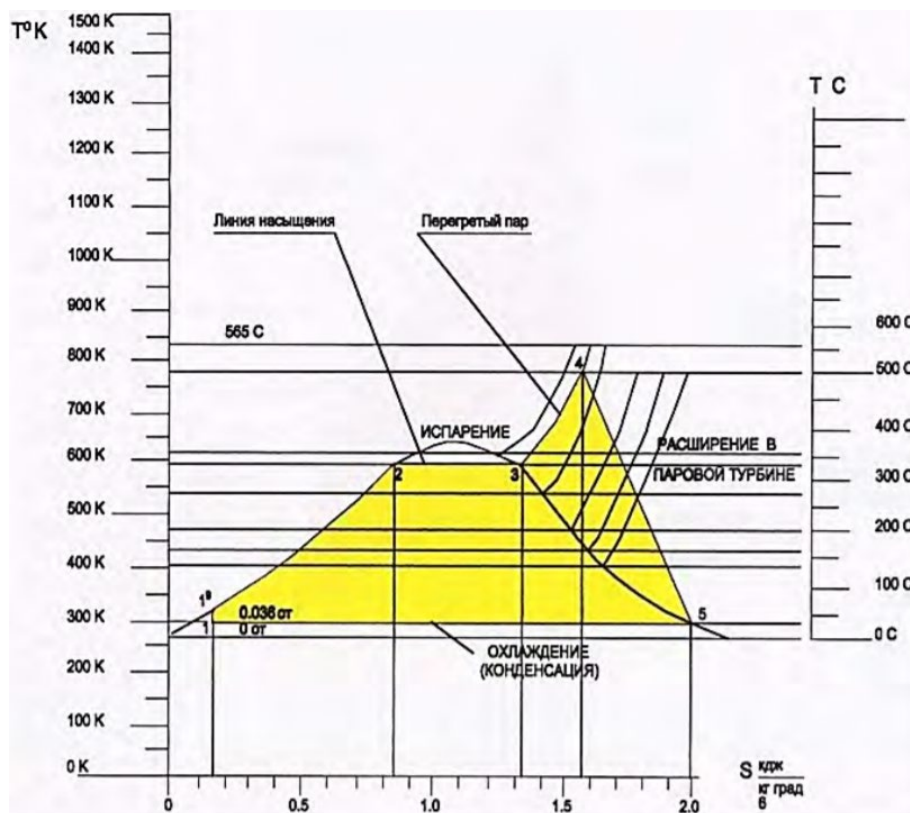


Рис. 6. Паросиловой цикл Ренкина

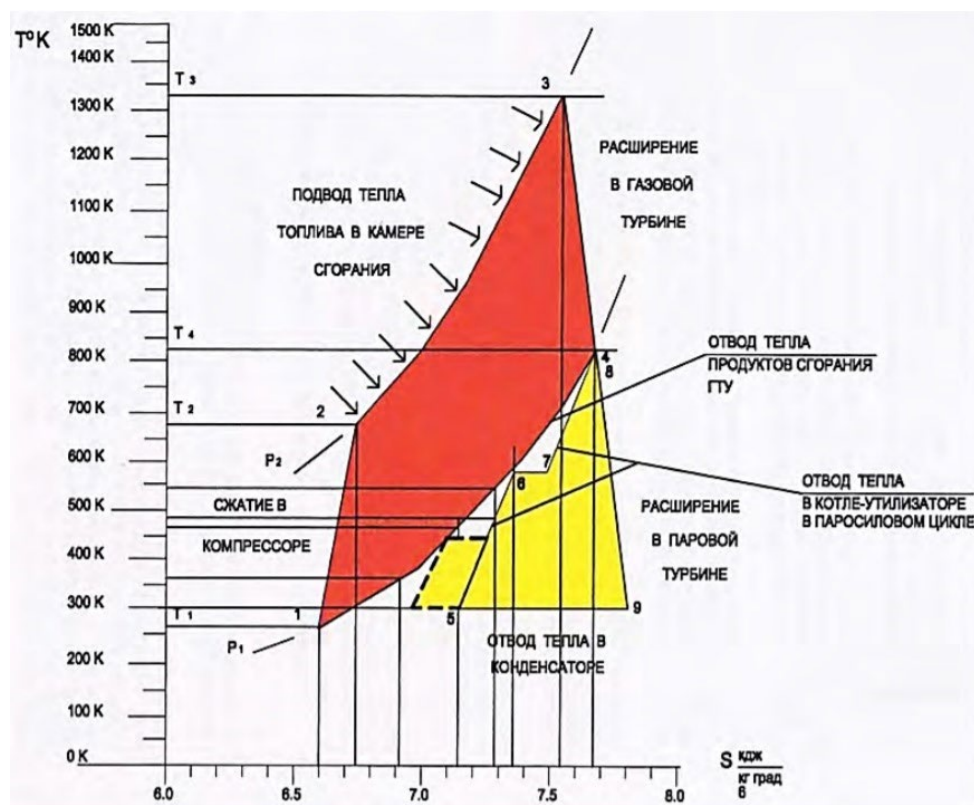


Рис. 7. TS – диаграмма процесса ПГУ

При совмещении диаграмм становится видно, что производство силового пара для ПТУ горячими отработанными газами ГТУ при одинаковом давлении ограничено температурами перегрева и кипения в точках 6 и 8. Это и вынуждает применение нескольких контуров давления в КУ и паровых турбинах, что обеспечивает уменьшению потерь тепла от уходящих газов примерно на 80–100 °С и, как следствие, прирост экономических показателей и производство электрической энергии в целом.

При характерных для ГТУ повышенных температурах подвода тепла и низких, близких к температуре окружающей среды, температуре отвода тепла в конденсаторе паротурбинных установок, отношение температур горячего и холодного источников тепла в комбинированном цикле и его КПД значительно увеличиваются [2].

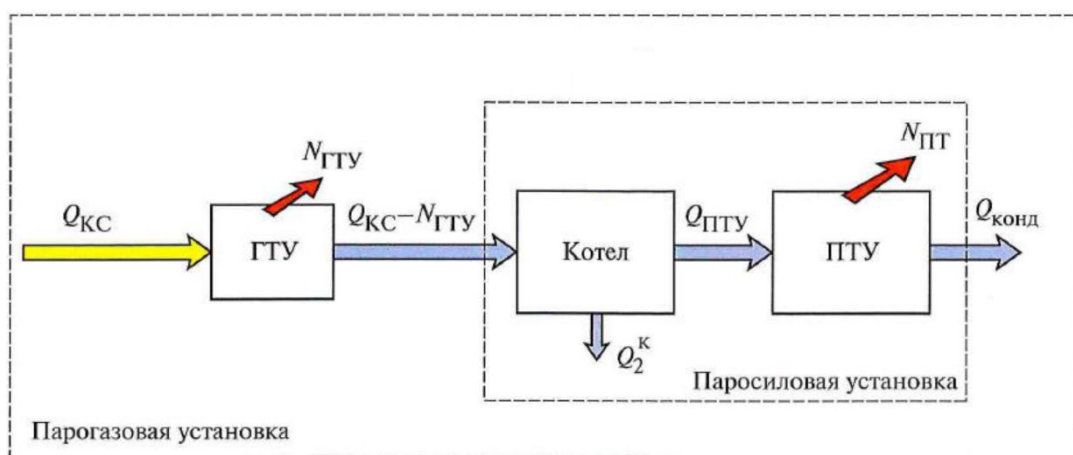


Рис. 8. Схема потоков мощности в ПГУ

Из схемы потоков мощности на рис. 8 следует, что КПД ПТУ можно определить следующим образом:

$$\eta_{\text{ПТУ}} = \frac{N_{\text{ПТ}}}{Q_{\text{ПТУ}}}.$$

КПД котла утилизатора:

$$\eta_{\text{КУ}} = \frac{Q_{\text{ПТУ}}}{Q_{\text{КС}} - N_{\text{ГТУ}}}.$$

КПД паросиловой установки в целом:

$$\eta_{\text{ПСУ}} = \eta_{\text{ПТУ}} \cdot \eta_{\text{КУ}}.$$

КПД цикла в ПГУ:

$$\eta_{\text{ПГУ}} = \eta_{\text{ГТУ}} + (1 - \eta_{\text{ГТУ}}) \eta_{\text{ПТУ}} \cdot \eta_{\text{КУ}}.$$

В газотурбинном (первом) цикле КПД не превышает 38 %. Во втором, паросиловом, цикле используется еще около 20 % энергии сгоревшего топлива. В сумме КПД всей установки оказывается около 58 %.

В заключение можно отметить, что хоть и данный вид энергогенерирующей установки имеет ряд достоинств по сравнению с отдельными паросиловыми и газотурбинными установками, их широкое применение в России началось лишь недавно. За последнее десятилетие было введено в эксплуатацию более пяти десятков мощных ПГУ как на базе уже существовавших объектов, так и построенных новых. В данный момент самой мощной ПГУ в России является Пермская ГРЭС с суммарной мощностью 903 МВт. Поэтому исследование особенностей работы ПГУ и усовершенствование характеристик технологического процесса является актуальной научной задачей.

Библиографический список

1. Учебные материалы. Атомная энергетика. Физика, электротехника, математика. URL: <http://smutc.ru/steam/boiler31.htm> (дата обращения: 12.02.2021).
2. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремизов А. Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 584 с.

УДК 621.3.051.025

И. О. Безуглов

ученик 10 класса ГБОУ школы № 500 Пушкинского района

А. У. Давудян – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель

БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Введение

В современном мире распространение автомобилей, работающих на двигателях внутреннего сгорания (ДВС), достигло своего пика. Но автомобили на ДВС абсолютно не экологичны. В настоящее время автотранспорт является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Над крупными городами в атмосфере концентрация аэрозолей превышена в 10 раз, а газов в 25 раз. При этом 60–70 % газового загрязнения дает автомобильный транспорт. Доля транспортных средств в загрязнении воздуха в городах достигает 70–90 %, что создает достаточно устойчивые и обширные зоны, внутри которых санитарно-гигиенические нормативы загрязнения воздуха превышены в несколько раз [1].

Таким образом, возникает необходимость использования принципиально иного типа двигателя, способного кардинально изменить ситуацию, работающего на различных видах топлива и не загрязняющего атмосферу. В связи с этим можно предъявить следующие требования к современным двигателям:

- уменьшить количество токсичных выбросов;
- уменьшить выброс тепла в атмосферу;
- снизить металлоемкость двигателя;
- уменьшить шум и вибрации;
- использовать для работы двигателя любой вид топлива, в том числе водород;
- использовать возобновляемые источники энергии.

Большинству этих требований удовлетворяют авто с электродвигателями – электромобили. Электромобили экологичны, у них высокий КПД (до 95 %), также расходы на содержание и топливо значительно ниже расходов на классическое авто [2].

Но одной из проблем электромобилей является зарядка, которая крайне неудобная и медленная. Хотя новые электрокары и можно зарядить в большинстве своем до 80 % за 40 минут, это все-таки не 5 минут, требующиеся для заливки топлива на заправочной станции. Кроме того, в России очень малое количество зарядных станций, позволяющих относительно быстро зарядить электромобиль. В большинстве случаев владельцы заряжают их от бытовых розеток, а это может занимать от 8 часов и более. При распространении электромобилей зарядных станций будет крайне не хватать. Эту проблему можно будет решить при помощи беспроводной передачи электроэнергии.

Беспроводная передача электроэнергии (БПЭ)

БПЭ – способ передачи электричества без применения токопроводящих элементов в электрической цепи.

Далее подробнее рассмотрим каждый из способов передачи и выявим наиболее подходящий для решения проблемы зарядки электромобилей.

Метод ультразвукового излучения

Как и в любых иных способах беспроводной передачи, в методе ультразвукового излучения используется передатчик и приемник. Передатчик излучает ультразвук, а приемник соответственно преобразовывает колебания в электричество. Упрощенная схема передачи энергии методом ультразвукового излучения представлена на рис. 1. Впервые подобные эксперименты были проведены в студенческой лаборатории Пенсильвании и представлены широкой публике на выставке «The All Things Digital» в 2011 г. На момент презентации удалось передать электроэнергию напряжением 8В на расстояние около 10 м. Для передачи была необходима прямая видимость между передатчиком и

приемником. Положительным является то, что ультразвук не оказывает отрицательного воздействия на человеческий организм [3].

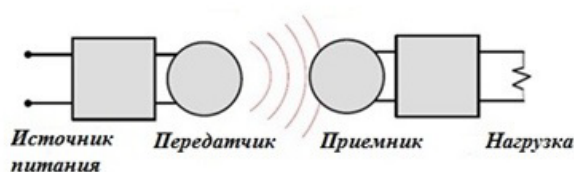


Рис. 1. Схема передачи энергии методом ультразвукового излучения

Метод электромагнитной индукции

Электрический трансформатор является простейшим устройством для беспроводной передачи энергии. Первичная и вторичная обмотки трансформатора не связаны друг с другом напрямую. Передача энергии происходит посредством процесса, называемого взаимной индукцией. Основной функцией трансформатора является уменьшение или увеличение первичного напряжения. Главным недостатком метода электромагнитной индукции является крайне небольшое расстояние действия. Для эффективного взаимодействия приемник должен находиться в непосредственной близости от передатчика. Упрощенная схема передачи электроэнергии методом электромагнитной индукции представлена на рис. 2 [4].

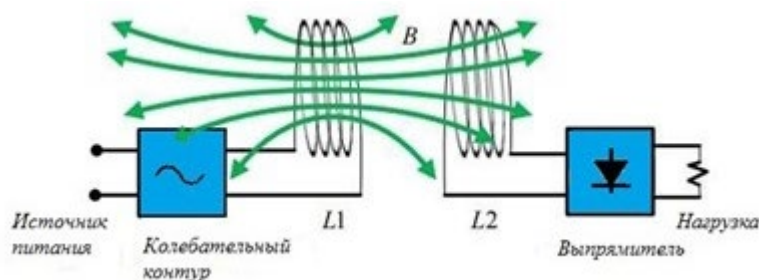


Рис. 2. Схема передачи энергии методом электромагнитной индукции

Метод магнитно-резонансной индукции

Метод магнитно-резонансной индукции отличается от вышесказанного метода тем, что использование резонанса между двумя катушками увеличивает дальность передачи. При магнитно-резонансной индукции передающая и принимающая катушка настроены на одинаковую частоту, поэтому амплитуда электромагнитных волн возрастает. Из-за этого передача электроэнергии происходит эффективней, чем в методе электромагнитной индукции. При этом с увеличением мощности электропередачи возрастает КПД. Упрощенная схема передачи электроэнергии методом магнитно-резонансной индукции представлена на рис. 3.

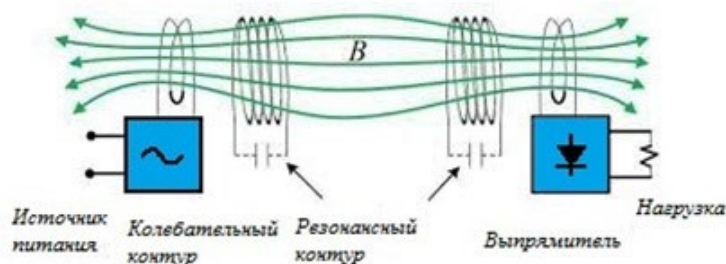


Рис. 3. Схема передачи энергии методом магнитно-резонансной индукции

Когда два объекта вибрируют с одинаковой частотой, они вместе создают большую амплитуду, а не работают независимо. Если антенна, резонирующая с определенной частотой, находится на расстоянии нескольких метров от приемника, резонирующей на той же частоте, то энергия может быть «туннелирована» через пространство в приемную антенну для выпрямления. В некотором смысле туннелируемая энергия способна пересечь потенциальное расстояние между двумя антеннами без потери энергии. Этот резонанс заставляет электромагнитные волны вибрировать в пространстве. Поскольку во время передачи энергия не теряется, никакие окружающие схемы не страдают [5].

Метод электростатической индукции

Данный метод представляет собой процесс передачи энергии через диэлектрик. По сути, этот процесс схож с разрядом конденсатора. Диэлектрик является препятствием в случае постоянного электрического тока, если же применить переменный ток, то между пластинами конденсатора в диэлектрике возникает переменное электрическое поле. Если расположить одну металлическую пластину на потолке помещения, а вторую – под полом, то газоразрядные лампы будут светиться в любом месте этого помещения без проводов. Напряжение высокого потенциала на пластины подается высокой частоты. Упрощенная схема передачи электроэнергии методом электростатической индукции представлена на рис. 4.

Метод был впервые применен Теслой для питания беспроводных ламп по воздуху (который является диэлектриком). В будущем планируется, что устройства будут получать энергию из воздуха посредством передающего терминала [6].

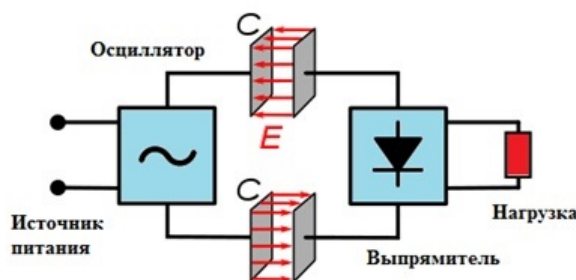


Рис. 4. Схема передачи энергии методом электростатической индукции

Микроволновое излучение

Ученые выяснили, что передавать энергию становится более эффективно, если использовать меньшие длины волн. Метод микроволнового излучения по сравнению с методом электромагнитной индукции позволяет во много раз увеличить расстояние, на которое будет передана энергия. Микроволны с длиной волны 12 см, что соответствует частоте 2,45 ГГц, способны проходить через земную атмосферу фактически без потерь. Упрощенная схема передачи электроэнергии методом микроволнового излучения представлена на рис. 5.

Для использования данного метода необходимы два устройства:

- 1) магнетрон – генератор микроволнового излучения, позволяющий преобразовать электрический ток в микроволновое излучение;
- 2) приемная антенна, преобразовывающая микроволновое излучение обратно в электрический ток. Она служит для обратного преобразования микроволнового излучения в электрический ток.

Для преобразования микроволнового излучения обратно в электрический ток используется ректенна – устройство по принципу действия обратное излучающей антенне. Ректенна позволяет преобразовывать энергию с КПД 90–95 %. Ректенны достаточно миниатюрны, и их нагрузочная способность составляет единицы ватт. Поэтому для передачи больших мощностей из ректенн собирают большие приемные панели, рассчитанные на передачу определенной мощности.

Этот метод был предложен для передачи энергии с орбитальных солнечных электростанций на Землю и питания межпланетных космических кораблей. В середине прошлого века началось развитие мощных СВЧ-излучателей, называемых магнетронами, одновременно изучалась идея использования микроволн для передачи энергии. В 1964 г. была продемонстрирована модель вертолета, энергия к которому передавалась от передатчика сверхвысокой частоты. Передача электроэнергии большой мощности с помощью волн высокой частоты была доказана на опытах. В 1976 г. ученым удалось передать СВЧ-пучком 30 кВт непрерывной мощности на расстояние 1,6 км с КПД, составляющим 82 %. В то же время микроволновое излучение большой мощности может наносить вред человеку и окружающей среде [7].

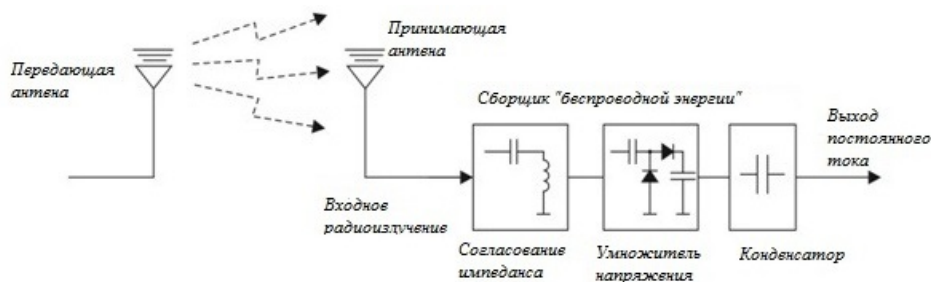


Рис. 5. Схема передачи электроэнергии методом микроволнового излучения

Лазерное излучение

Использование лазеров для передачи энергии сильно отличается от описанных выше. Этот процесс включает в себя передачу энергии от источника к приемнику путем излучения лазера на объект с помощью приемника солнечных элементов. По сравнению с другими способами у метода лазерного излучения есть ряд преимуществ:

- монохроматическая световая волна, обладающая малым углом расходимости, позволяет узкому пучку эффективно передавать энергию на большие расстояния;
- компактный размер твердотельного лазера – фотоэлектрического полупроводникового диода – удобен для небольших изделий;
- лазер не создает радиочастотных помех для существующих средств связи, таких как Wi-Fi и сотовые телефоны.

Применение данного способа возможно, но малоэффективно. Преобразование низкочастотного электромагнитного излучения в высокочастотное, которым является свет, неэффективно. Преобразование света обратно в электричество также неэффективно, так как КПД фотоэлементов достигает 40–50 %, хотя эффективность преобразования монохроматического света значительно выше, чем эффективность солнечных панелей. Также лазеру необходима прямая видимость заряжаемого объекта. Кроме того, преобразование электричества в лазер и обратно в электричество вызывает потерю энергии, как и поглощение ее атмосферой. Теоретически система будет работать, но это неэффективная форма беспроводной передачи энергии [8].

Выводы

На данный момент существуют зарядные станции, с беспроводной передачей электроэнергии, основанные на электромагнитной индукции. Другие методы беспроводной передачи электроэнергии либо неэффективны, либо еще не получили необходимого развития.

Система зарядки электромобиля, основанная на электромагнитной индукции, представляет собой систему из двух комплектующих – базовой станции, которая монтируется, например, на специализированной парковке или в собственном гараже, и приемника, который устанавливается в днище электромобиля. Данная система является наиболее перспективной, так как среди прочих представляется наиболее простой в устройстве, а также не требует лишних затрат. Также разрабатываются прототипы дорог, которые будут заряжать автомобили во время движения [9].

Библиографический список

1. *Ситдикова А. А., Святова Н. В., Царева И. В.* Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 3.
2. *Кашкаров А. П.* Современные электромобили. Устройство, отличия, выбор для российских дорог. М.: ДМК-пресс, 2018.
3. *Зубарев А. А.* Беспроводная передача электричества. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/37645/Besprovodnaya_peredacha_ehlektrichestva.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 25.03.2021).
4. *Фриск В. В.* Развитие теории и техники передачи энергии и информации с использованием радиотехнических устройств. М.: Солон-пресс, 2021.
5. *Kurs A., Karalis A., Moffatt R.* Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances // *Science*. 06 Jul 2007. Vol. 317, Issue 5834. P. 83–86.
6. *Белан Н. Н.* Передача электроэнергии без проводов. URL: <https://pgu.ru/upload/iblock/0b6/2.pdf> (дата обращения: 25.03.2021).
7. *Chun T., Mi C.* Wireless Power Transfer for Electric Vehicles and Mobile Devices, First Edition: John Wiley & Sons Ltd, 2017.
8. *Johnson I.* Agbinya. Wireless Power Transfer: River Publishers, 2012.
9. *Сяо Л., Пинг В., Дусит Н.* Технологии беспроводной зарядки. Ч. 1: Теоретические основы и способы аппаратной реализации. URL: <https://wireless-e.ru/peredacha-energii/tehnologii-besprovodnojzaryadki-1/> (дата обращения: 25.03.2021).

УДК 004

Д. В. Белевич

студент кафедры технологий защиты информации

С. Г. Фомичева – профессор, кандидат технических наук – научный руководитель

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ

Введение

Мобильные устройства стали неотъемлемыми атрибутами нашей жизни, выполняя роль личного ассистента. Смартфоны предоставляют нам возможности создавать, обрабатывать и хранить личные данные. Со временем данных становится настолько много, что их утрата может нанести значительные ущерб пользователю. Помимо прямой ценности данных для пользователя, персональные данные человека – лакомый кусок для злоумышленников. Проблема физической потери устройства отходит на второй план по сравнению с получением несанкционированного доступа к данным этого устройства злоумышленниками.

Существуют разные методы защиты информации на мобильных устройствах. Один из главных методов – аутентификация пользователя. Широко используемые методы аутентификации строятся на основе паролей. Однако в современном мире нам приходится запоминать десятки различных паролей, потеря которых может привести к неблагоприятным последствиям. Несмотря на рекомендации по использованию паролей, пользователи используют однотипные и простые пароли, применяя их на различных ресурсах. Ежегодная статистика самых популярных паролей не удивляет уже с 2011 г. Статистика успешных взломов показывает, что 81 % успешных атак использовали слабые или украденные пароли, а для достижения 50 % вероятности успешного взлома достаточно перебрать около 400 паролей [1].

Причина таких показателей – мы устали запоминать пароли! На одного человека приходится примерно 40 паролей, удержать даже такое количество паролей в голове затруднительно [1]. Нынешним решением данной проблемы, выступает биометрическая аутентификация, предлагающая удобные и быстрые методы получения доступа к информации. Несомненно, биометрическая аутентификация упрощает наше взаимодействие с информацией, но и эти методы подвергаются частым атакам со стороны злоумышленников. Исходя из этого, становится очевидно, что нам необходимы новые методы аутентификации пользователя, одним из таких методов выступает непрерывная аутентификация.

Непрерывная аутентификация подразумевает аутентификацию пользователя на протяжении всего времени использования мобильного устройства. Данный подход основан на поведенческой биометрии пользователя и его физических характеристиках [2]. Алгоритмы создают шаблоны моделей поведения пользователя, если во время использования смартфона возникнет различие между поступающими данными с данными шаблонов, то устройство начнет ограничивать доступ к персональным данным по их иерархической важности, начиная с ограничения доступа к банковским приложениям и данным до полной временной блокировки устройства [3].

Непрерывная аутентификация на основе глубокого обучения

Непрерывная аутентификация на основе глубокого обучения строится на анализе факторов взаимодействия пользователя со смартфоном. Появляется новый набор поведенческих биометрических функций и данных с аббревиатурой HMOG (*Hand Movement, Orientation and Grasp*) [2]. HMOG использует показания акселерометра, гироскопа и магнитометра, чтобы незаметно фиксировать моменты взаимодействия с телефоном.

Данный принцип строится на свидетельствах о том, что:

- у пользователя есть свои предпочтения взаимодействия с устройством, такими как: удержание устройства, манера нажатия на экран и так далее;
- сила захвата, нажатия на экран, скорость перемещения устройства сильно коррелирует с физиологическими и соматическими характеристиками человека.

На основе данных свидетельств разрабатываются функции для непрерывной аутентификации пользователя и производительности генерации биометрических ключей.

Для изучения сигнатур моделей движения от пользователя и выделения признаков используется Сиамская сверточная сеть, а для классификации и поиска аномалий – One-Class SVM (*Support Vector Machine*) [2]. Тестирование проводилось при участии 100 пользователей смартфонов, которые за сеанс пользовались устройством в различных условиях. При этом особенности НМОГ извлекались при каждом нажатии на экран смартфона. Таким образом, каждому вектору обучения соответствовало одно нажатие на экран. Вектора аутентификации создавались путем усреднения векторов, взятых за время Т-секундного сканирования, где Т изменялось от 20 до 140 сек. с шагов в 20 сек. [2].

Для оценки результатов было сгенерировано два типа оценок:

- подлинные – вектор аутентификации сопоставлялся с шаблоном того же пользователя;
- ложные – вектор аутентификации одного пользователя сопоставлялся с шаблоном другого пользователя.

Результаты исследований показали, что точность проверки достигала 88 % и значений EER (*Equal Error Rate*) в 15 % [2].

Непрерывная аутентификация на основе использования приложений

В среднем человек использует около 30 приложений в месяц и примерно 10 приложений в день. Общая сумма времени использования приложений в день в среднем колеблется от 2 до 6 часов [3]. Такие данные позволяют создавать модели поведения пользователя с устройством для создания шаблонов авторизации.

Основное отличие данного метода от метода непрерывной аутентификации на основе глубокого обучения состоит в том, что здесь добавляется новый набор данных – метаданные приложений [3]. В шаблоны авторизации входит прогнозирование использования приложений отдельными лицами и сообществами, изучение соотношения локальных и глобальных приложений в списке наиболее частых используемых приложений, структура трафика для разных категорий приложений. В зависимости от степени отклонения входящих данных от шаблонных, устройство начинает ограничивать доступ к приложениям и утилитам, начиная с наиболее важных.

Для экспериментов использовались два набора данных:

- UMDAA-02 – набор данных от университета Мэриленда, включающего данные датчиков смартфона, данные использования приложений, синхронизацию событий блокировки и разблокировки устройства, временные метки начала и окончания вызовов [4];
- Securasy – данные из центра повсеместных вычислений университета Оулу, включающего данные подключения к серверам, местоположения, количества обновленных, установленных и удаленных программ [5].

В результате исследований лучший показатель EER составлял 17 % [3]. Это объясняется большим количеством условий оценки метаданных приложений, так как при появлении новых приложений шаблоны авторизации должны подстраиваться под эти изменения. Необходимо учитывать влияние неизвестных приложений и непредвиденных ситуаций в их использовании, что требует модификации нынешних алгоритмов.

Заключение

Методы непрерывной аутентификации порождают новый этап взаимодействия с мобильными устройствами и обеспечения безопасности данных. Однако они еще не готовы для внедрения их в повседневную жизнь. Требуется решить ряд непростых задач для минимизации ошибок распознавания и увеличения уровня удобства использования.

Библиографический список

1. Кузнецов С. Будущее без паролей. О непрерывном беспарольном едином входе. URL: <https://ib-bank.ru/bisjournal/post/1484> (дата обращения: 29.12.2020).

2. *Patel V., Chellappa R., Chandra D.* 2016 Continuous user authentication on mobile devices: recent progress and remaining challenges. URL: https://engineering.jhu.edu/vpatel36/wpcontent/uploads/2018/08/AA_SPM2015_v4.pdf (дата обращения: 03.12.2020).

3. *Mahbub U., Komulainen J., Ferreria D.* Continuous Authentication of Smartphones Based on Application Usage. URL: <https://arxiv.org/pdf/1808.03319.pdf> (дата обращения: 18.01.2021).

4. *Mahbub U., Sarkar S., Patel V.* Active user authentication for smartphones: A challenge data set and benchmark results. 2016. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7791155> (дата обращения: 18.01.2021).

5. *Ferreira D., Kostakos V., Beresford A.* An empirical investigation of android applications' network usage, privacy and security. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2766498.2766506> (дата обращения: 22.01.2021).

УДК 621.31

М. А. Беликов

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

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

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

В развитии электроэнергетической отрасли Российской Федерации существуют некоторые особенности: высокая капиталоемкость объектов электроэнергетики, недостаточная инвестиционная привлекательность, высокая энергоемкость, физический и моральный износ основных фондов отрасли, недостаточно эффективный контроль над затратами. Высокая энергоемкость обусловлена рядом объективных факторов: холодным климатом, энергоемкой структурой экономики отрасли (за счет природного потенциала страны), протяженными транспортными связями. Изучение динамики основных отраслевых показателей за последние пять лет показывает некоторую стагнацию состояния отечественной электроэнергетики [1].

Основными проблемами электроэнергетики являются: неоптимальная структура генерирующих мощностей; ненадежность энергоснабжения, отсутствие и (или) недостаточность инвестиционных ресурсов; наличие перекрестных связей между группами потребителей электроэнергии, а также между электрической и тепловой энергией на внутреннем рынке. Общая ситуация в российской электроэнергетике диктует необходимость преобразований, способных создать стимулы для привлечения инвестиций в развитие отрасли [2], [3].

В России удельное потребление энергии на душу населения в 2,5 раза выше среднемирового уровня при относительно низких ценах на энергоносители по сравнению с ценами мирового рынка. В то же время потребляемая на душу населения энергия в России превышает эти показатели в Западном полушарии и в Японии. Рациональное, эффективное, экономичное использование электроэнергии, обновление производственной инфраструктуры и инновационное развитие являются важнейшими средствами развития электроэнергетики России. Решение такой задачи входит в компетенцию государства, которое через механизмы адекватных рыночных методов ведения бизнеса должно стимулировать развитие в отрасли инновационных направлений [4], [5].

Учитывая, что отрасль энергетики чрезвычайно важна для социального благополучия, функционирования промышленности и государственной безопасности, электроэнергетика страны должна развиваться быстрее, чем другие отрасли народного хозяйства. Это является важным условием обеспечения стабильного экономического роста [6].

Тем не менее чтобы конкретизировать план стратегического развития отрасли электроэнергетики и ее ведущих компаний, требуется ответить на основополагающие вопросы: какие средства требуется вкладывать в развитие; что имеет большую выгоду – проведение разработок своими силами или же покупка технологий на стороне; как удовлетворить интересы всех заинтересованных сторон и при этом с наибольшей выгодой управлять имуществом и активами [7].

Одним из наиболее перспективных направлений развития предприятий электроэнергетики является инновационное развитие. Следует отметить, что в научной литературе нет единого мнения о том, что такое инновации, как их измерять и внедрять. Так, довольно часто можно встретить своеобразное или узкое толкование понятия «инновация» [8]. Все чаще можно замечать, что инновации измеряют с помощью таких упрощенных и вторичных показателей, как размер бюджета на разработку новых продуктов, количество патентов и прочих. Также отсутствует единая классификация инноваций применительно к электроэнергетике [9].

Оценить развитие электроэнергетической отрасли страны, в частности России, можно по тому, какую инновационную политику ведут ее крупнейшие компании. Одними из таковых являются:

созданная при реформировании электроэнергетики и являющаяся крупнейшей энергетической компанией России, 80 % акций которой принадлежат государству;

Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы (ПАО «ФСК ЕЭС»);

ПАО «РусГидро», объединяющая более 70 уникальных объектов возобновляемой энергетики и являющаяся крупнейшей по объему установленной мощности генерирующей компанией страны с государственным участием, более 50 % акций которой владеет государство;

играющая большую роль в электроэнергетике РФ специализированная организация, единолично осуществляющая централизованное оперативно-диспетчерское управление в Единой энергетической системе России, 100 % акций которой принадлежат государству – Системный оператор Единой энергетической системы (АО «СО ЕЭС»).

Рассматривая программы развития этих компаний [10–12], можно отметить, что основной целью ПАО «ФСК ЕЭС» является модернизация электрических сетей ЕЭС России на основе инновационных технологий с превращением их в интеллектуальное ядро технологической инфраструктуры энергетического комплекса. Создание активно-адаптивной (интеллектуальной) сети позволит осуществлять регулирование сетевых нагрузок, адаптивное реагирование на различные виды отклонений, а также прогнозирование и предупреждение аварийных ситуаций, что в свою очередь повысит эффективность, качество и надежность энергоснабжения потребителей.

Что же касается целей и задач НИОКР «РусГидро» и АО «СО ЕЭС», то они направлены, прежде всего, на выполнение основных производственных задач компании, а также на повышение эффективности электроэнергетики в целом. ПАО «РусГидро» позиционирует себя не столько как производитель инновационных решений, сколько как крупный потребитель разного рода технологических инноваций. Заниматься НИОКР самостоятельно они практически не планируют. Целью же Системного оператора является:

инновационное развитие технологии централизованного управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России;

разработка и совершенствование средств, созданных специально для обеспечения функций оперативно-диспетчерского управления и другой продукции, совместимой с инструментами, компетенциями и видами деятельности, связанными с расчетами, анализом режимов электроэнергетики и управлением ими;

разработка и совершенствование современных рыночных механизмов и инструментов для поддержания необходимого уровня надежности и надлежащего качества функционирования ЕЭС.

Основной приоритет инновационного развития АО «СО ЕЭС» является повышение качества управления, а инновации носят модернизационный характер. Что же касается инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС», исследования и разработки компании направлены на сочетание разного рода инновационных модернизаций, оптимизацию сетей, а также содействие созданию передовых технологий, обеспечивающих рост энергоэффективности на уровне системы.

Исследуя планы и действия рассмотренных компаний, можно сделать вывод, что стратегия инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» и АО «СО ЕЭС» соответствует смешанной модели, в которой чередуются оборонительные, наступательные и имитационные стратегии. Такая стратегия позволяет конкурировать при внедрении инноваций на международном уровне [13]. Таким образом, приоритетом стратегического развития является бесперебойная работа интегрированных сетей, что, беря в расчет масштабы генерирующих мощностей и сетей, является весьма сложной задачей. Значительная часть инвестиционных проектов, реализующих инновации, финансировало государство, что в свою очередь обеспечивало выгоду потребителям. Заимствования же, привлекавшие на внешних рынках, приводили к повышению тарифов. В целом, стратегия инновационного развития характеризуется как довольно успешная в сравнении с иными госкорпорациями, однако в условиях закрытия внешних рынков финансирования и увеличения затрат на привлечение финансовых ресурсов государственная поддержка или дополнительная нагрузка на потребителей представляется безальтернативной. Стратегия же ПАО «РусГидро» во многом носит «выжидательный», преимущественно инерционный, оборонительный и имитационный характер, а внедрение инноваций предлагается преимущественно из инкрементной инновационной группы.

Анализируя мировые тенденции формирования программ развития промышленных предприятий, можно сделать вывод, что компании, продукция которых предназначена для продажи потребителям или другим компаниям, предпочитают тратить значительные средства на НИОКР только в том случае, если это позволяет им четко отделить соответствующий продукт или услугу от конкурентов

[14]. Инфраструктурные предприятия, как правило, тратят значительные средства на НИОКР только при существенном контроле со стороны государства – по мере ослабления государственного регулирования сумма соответствующих затрат уменьшается [15]. Региональные монополисты, а также компании, не испытывающие серьезной конкуренции, пренебрегают исследованиями, инвестициями и инновациями [16]. Несмотря на это, доля средств, инвестируемых в НИОКР, у монополистов России относительно велика и значительно превышает аналогичные показатели зарубежных конкурентов. Эти компании проявляют немалую активность в сфере инноваций, отчасти из-за политики, несомненно, заинтересованной стороны – государства, и их программы довольно успешно реализовываются, что подтверждается исследованием «Рейтинг программ инновационного развития госкомпаний» [17], в котором энергетические компании занимают самые высокие места. Однако нельзя не отметить, что из-за «размытых» границ в отечественных разработках между инновационными и инвестиционными проектами доля инновационных затрат порой неестественно завышается.

Завершая обзор инновационного развития электроэнергетической отрасли и программ нескольких крупных ее компаний, стоит отметить, что рассмотренные стратегии определяются на основе анализа тех инновационных продуктов, которые планируют внедрять у себя рассматриваемые субъекты. В первую очередь это технологии, представляющие собой любого рода усовершенствования, дополнения, а также реконструкции и модернизации. Элементы радикальных, прорывных инноваций практически не наблюдаются.

В стратегии модернизации в качестве основных можно выделить следующие цели и задачи:

- формирование стратегического видения реализации концепции интегрированных энергетических систем России;
- определение основных требований и функциональных свойств отечественной электроэнергетики на основе концепции интегрированных энергетических систем и принципов их реализации;
- определение основных направлений развития всех элементов энергетической системы: генерации, передачи и распределения, маркетинга, потребления и управления;
- определение основных компонентов, технологий, информации и управленческих решений по всем вышеперечисленным направлениям;
- обеспечение координации модернизации (преодоления технологического отставания) и инновационного развития российской электроэнергетики.

Перечисленные выше задачи для энергетических компаний и госкомпаний, в частности, являются приоритетными; часть из них уже была успешно реализована на производстве. Более того, данные стратегии инновационного развития были инициированы именно госкомпаниями энергетического сектора.

Библиографический список

1. Трофимова Н. Н. Современные проблемы менеджмента российских компаний // Актуальные проблемы экономики и управления. 2015. № 2 (6). С. 42–45.
2. Khabrieva M. Tools to improve the competitive strength of the organization: Scientific review. 2015. N 24. P. 458–460.
3. Kudryavtseva S., Shinkevich A., Sirazetdinov R. Design of Innovative Development in the Industrial Types of Economic Activity // International Review of Management and Marketing Home. 2015. N 4. P. 498–503
4. Gorbach L.A., Rajskaia M.V., Aksianova A.V., Morozov A.V., Gusarova I.A., Sagdeeva A.A. The structural Dynamics' Nature of Innovative Development of Russian Economy in the Framework of its Technological Diversity // International Journal of Environmental & Science Education. 2016. N 15. P. 7392–7407.
5. Burganov R., Derbeneva A., Burganov B. The problems of rationalizing the choice and making decisions in the energy consumption of the firm // Journal of entrepreneurship education. 2018. N 21.
6. Трофимова Н. Н. Влияние цифровизации экономики на модернизацию промышленности // Актуальные проблемы экономики и управления. 2020. № 2 (26). С. 50–54.
7. Chesbrough H., Teece D. Organizing for innovation: When is virtual virtuous // Harvard Business Review. 2002. N 80 (8). P. 127–135.

8. *Howells J., Tether B., Cox D.* Information technology research in the UK: Perspectives on services research, development and systems of innovation // *Science and Public Policy*. 2006. N 33 (1). P. 17–31.
9. *Tushman M., Anderson P.* Technological discontinuities and organizational environments // *Administrative Science Quarterly*. 1986. N 31 (3). P. 439–465.
10. ПАО «ФСК ЕЭС» // Официальный веб-сайт. URL: <https://www.fsk-ees.ru/> (дата обращения: 21.11.2020).
11. ПАО «РусГидро» // Официальный веб-сайт. URL: <http://www.rushydro.ru/> (дата обращения: 23.11.2020).
12. АО «СО ЕЭС» // Официальный веб-сайт. URL: <https://so-ups.ru/> (дата обращения: 02.12.2020).
13. *Global Competitiveness Report* // WEF. URL: <https://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2019>. (дата обращения: 01.12.2020).
14. *Jansen J., Van den Bosch F., Volberda H.* Exploratory innovation, exploitative innovation, and performance: Effects of organizational antecedents and environmental moderators // *Management Science*. 2006. N 52 (11). P. 1661–1674.
15. *Sawhney M., Wolcott R., Arroniz I.* The 12 different ways for companies to innovate // *MIT Sloan Management Review*. 2006. N 47 (3). P. 75–81.
16. *Smirnova M., Podmetina D., Vaatanen J.* Key stakeholder interaction as a factor of product innovation: The case of Russia // *International Journal of Technology Marketing*. 2009. N 4 (2/3). P. 230–247.
17. Рейтинг программ инновационного развития госкорпораций и компаний с государственным участием // Эксперт РА. URL: https://raexpert.ru/researches/publications/pir_rating/ (дата обращения: 22.11.2020).

УДК 621.31

П. П. Белоусов

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Жизнь современного человека трудно представить без использования достижений современных электротехнологий. Реалии современного мира говорят о том, что практически все население земного шара является обладателями мобильных телефонов, при этом не существует никаких возрастных ограничений. Трудно поверить, но буквально два десятилетия назад мобильный телефон представлял собой достаточно массивное устройство, весом около 1 кг с очень ограниченным радиусом действия в связи с недостаточным количеством вышек сотовой связи. Функциональные возможности первых мобильных телефонов также были очень ограничены. Несмотря на эти недостатки, можно уверенно сказать, что это был настоящий проыв в области телекоммуникаций, позволивший человечеству значительно расширить зоны общения.

Прошло всего два десятилетия – и современные смартфоны при весе немногим более 220 г наделены огромным функционалом:

- мультимедийными возможностями – фотокамерами с высоким разрешением, которые с успехом заменяют пользователям фотоаппараты;
- функциями беспроводной и быстрой зарядки;
- наличие датчиков освещенности, приближения, компаса, барометра, разблокировки по лицу позволяет пользователю чувствовать себя уверенно в различных ситуациях;
- 6-ядерный процессор со встроенной памятью 512 Гб.

Это революционное преобразование за короткий промежуток времени стало возможным благодаря применению усовершенствованных электротехнологий.

Постоянное совершенствование электротехнологий на основе современных разработок позволяет создавать новые материалы, которые обладают улучшенными свойствами, такими как повышенная прочность, термостойкость, устойчивость к действию агрессивных сред [1]. Также они позволяют повысить КПД обработки материалов и разрабатывать принципиально новые, качественные принципы конструирования и изготовления электронных микросхем.

Что представляют собой электротехнологии?

Электротехнологии – это процессы получения новых веществ, материалов, изделий или изменения их свойств, которые основаны на возникающих при использовании электроэнергии явлениях, таких как:

- преобразования электрической энергии в тепловую энергию, например электросварка;
- воздействия на объект электрических и электромагнитных полей;
- облучения материалов потоками заряженных частиц, например электромагнитная обработка жидкостей, металлов и т. д.
- преобразования электрической энергии в энергию видимых излучений.

Следует отметить, что столь стремительному развитию электротехнологий в большой степени способствует создание новых источников электропитания и систем электроснабжения.

Различные отрасли экономики остро нуждаются в создании новых материалов, обладающих устойчивостью к износу и с повышенными эксплуатационными свойствами [2]. Например, для судостроения и машиностроения принципиально важным является создание легких и износостойких материалов, которые необходимы для создания элементов обшивки конструкций. Для авиационной промышленности новые материалы также являются приоритетным направлением развития. При проектировании новых воздушных судов конструкторы максимально стремятся уменьшить массу электротехнического оборудования, находящегося на борту самолета. Масса оборудования, необходимого для совершения перелета, тесно связана с полетной массой самолета, и уменьшение его веса позволит совершать перелеты на более дальние расстояния. Достигнуть желаемых результатов можно путем создания углеродных наноматериалов – углеродных нанотрубок, фуллеренов и нанодiamondов.

Не исключением является и электроэнергетика. Особое внимание уделяется созданию топливных элементов, которые считаются одним из наиболее перспективных направлений создания экологически чистых альтернативных источников энергии. Здесь особую роль играют нанотехнологии, использование которых позволит расширить возможности использования возобновляемых источников энергии, в частности, в производстве электроэнергии и ее энергосбережении [3]. В настоящее время ведутся разработки различных способов хранения выработанной электроэнергии путем создания накопительных систем. В основе создания таких систем лежат энергосберегающие технологии. Использование нанотехнологий позволит создать принципиально новые типы аккумуляторов на твердых электролитах, суперконденсаторы, которые способны мгновенно заряжаться и хранить большое количество энергии, а также сверхпроводящие индукционные накопители энергии. Безусловно, данное направление играет существенную роль в развитии электромобилей, рынок которых в настоящее время развит достаточно плохо в связи с очень ограниченным количеством зарядных станций. Создание аккумуляторов нового поколения позволило бы увеличить пробег автомобилей без дополнительной подзарядки, что дало бы толчок развитию этого сектора экономики.

Решение данной проблемы возможно путем создания наноматериалов нового поколения – протонпроводящих мембран и биметаллических катализаторов. Работы по созданию гибридных топливных элементов начались еще в 2008 г., и начиная с 2020 г. планировалось массовое их внедрение [4]. По оценкам экспертов, в связи с резко возросшим спросом на распределенную электроэнергетику мировой рынок стационарных топливных элементов может составлять в 2021 г. 14,3 млрд долларов США.

В основе создания протонпроводящих мембран лежит процесс формирования системы пор и каналов, которые содержат молекулы воды и протоны. Повышение эффективности работы топливного элемента осуществляется за счет введения в поры наночастиц неорганического происхождения, способных улучшить структуру самих каналов и обеспечить высокую ионную проводимость. В случае развития биметаллических катализаторов особую роль играет переход к структуре «ядро в оболочке». Организация таких катализаторов строится по принципу, когда ядро содержит дешевый металл, а оболочка представляет собой каталитически активную пластину [4]. Использование перечисленных наноматериалов способно обеспечить бесперебойное электроснабжение не только жизненно важных объектов инфраструктуры, но и жилых домов, промышленных предприятий, объектов, находящихся на удаленном расстоянии от магистральных линий электропередач.

Преимущества развития данного тренда неоспоримы – значительно снизится воздействие вредных веществ на окружающую среду, что особенно важно для жителей мегаполисов и крупных городов.

Следует особое внимание уделить высокотемпературным сверхпроводникам (ВТСП), имеющих критические рабочие температуры свыше 77 К [5]. Их открытие в 1986 г. совершило настоящий прорыв в области создания электрооборудования нового поколения. Использование ВТСП позволило существенно уменьшить массогабаритные размеры оборудования и сократить потери, тем самым увеличив эффективность производства, передачи и распределения электроэнергии.

Области использования ВТСП проводников в электроэнергетике самые разнообразные:

- электрические машины и трансформаторы;
- силовые кабели (например, для подземных сверхпроводниковых кабелей токонесущая способность в 2,5 раза выше по сравнению с обычными);
- индуктивные накопители энергии и т. д.

Использование ВПСП проводников дает ощутимый экономический эффект. Можно выделить несколько направлений повышения энергоэффективности. Во-первых, как уже отмечалось, снижение массогабаритных размеров энергетического оборудования и потери электроэнергии. Во-вторых, парк электрооборудования, эксплуатирующийся на предприятиях электроэнергетики, морально устарел, подвержен сильному старению и износу. Применение ВТСП проводников способно снизить процесс старения изоляции электрооборудования, повысив тем самым надежность и устойчивость его работы и, соответственно, увеличив срок эксплуатации электрооборудования.

Применение электротехнологий не ограничивается электроэнергетикой. Многие отрасли экономики с успехом используют новейшие разработки в этой сфере. Можно выделить следующие технологии, без использования которых трудно сегодня представить различные технологические процессы:

- электронно-ионная, или аэрозольная, технология – основана на воздействии электрических полей на заряженные частицы материалов, взвешенные в газообразной или жидкой среде;
- методы магнитной очистки – используются при очистке смазочно-охлаждающих жидкостей. Установки для магнитной очистки воды служат для снижения накипи на стенках теплообменных аппаратов. Использование этого метода позволяет изменить такие свойства воды, как вязкость, натяжение, плотность и электропроводность;
- метод магнитоимпульсной обработки – основан на принципе обработки металлических поверхностей деталей короткими импульсами сильного магнитного поля. В этом случае происходит взаимодействие мощных импульсов магнитных полей и вихревых токов, возникающих в заготовках;
- метод прямого нагрева проводящих материалов электрическим током. Области применения данного метода достаточно разнообразны: это и размораживание продукции на рыбоперерабатывающих предприятиях, и обработка плодов при промышленном консервировании, и выплавка металлов в стекловарении;
- электроконтактный способ выпечки хлеба – данный способ значительно сокращается время выпечки хлеба. Например, при напряжении 127 В хлеб выпекается за 10 мин., в то время как при традиционном методе выпекания время составляет не менее 45 мин;
- электрическая сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений деталей в результате их электрического нагрева до плавления или пластического состояния;
- установки индукционного нагрева – в таких установках электрическая энергия сначала преобразуется в энергию электромагнитного поля, а затем передается нагреваемому телу и выделяется в нем в виде теплоты. Особенностью использования данных установок является отсутствие контактных устройств, что значительно упрощает конструкцию самих нагревателей и делает технологический процесс автоматизированным. Установки промышленной частоты – для сквозного нагрева деталей при штамповке, ковке, прокатке, прессовке;
- установки высокочастотного диэлектрического нагрева – применяются для нагрева неметаллических материалов, например, в пищевой промышленности такие установки используются для пастеризации, стерилизации, консервирования различных пищевых продуктов.

Безусловно, это далеко не полный перечень применения электротехнологий. Создаются новые наноматериалы, композитные материалы, совершенствуются электротехнологии – все это направлено на энергоэффективность использования промышленного оборудования и на энергосбережение.

В заключение хотелось бы отметить те преимущества, которые дает использование нанотехнологий:

- повышение производительности труда в сочетании с улучшением качества производимой продукции;
- создание новых материалов, отвечающих современным требованиям агропромышленного комплекса, то есть создание материалов с заданными характеристиками и свойствами;
- экологический аспект – уменьшение вредного воздействия отходов промышленного производства на окружающую среду.

Библиографический список

1. Комиссаров Ю. А., Гордеев Л. С. Основы электротехники, микроэлектроники и управления: учеб. пособие для академического бакалавриата: в 2 т. Т. 2. М.: Юрайт, 2018. 313 с.
2. Мониторинг глобальных технологических трендов. URL: <https://issek.hse.ru/trend-letter/news/nano/> (дата обращения: 21.02.2021).
3. Шамсутдинова Э. В., Зуевой О. С. Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике: монография: в 2 т. Т. 1. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. 400 с.
4. Мембраны и катализаторы для топливных элементов. URL: <https://issek.hse.ru/trend-letter/news/158329177.html> (дата обращения: 22.02.2021).
5. Применения высокотемпературных сверхпроводников в энергетике. URL: <https://pue8.ru/el-ektrotekhnika/624-nekotorye-aspekty-primeneniya-vysokotemperaturnykh-sverkhprovodnikov-v-energetike.html> (дата обращения: 22.02.2021).

УДК 620.9

Д. П. Белошева

студентка кафедры программно-целевого управления в приборостроении

В. А. Семенова – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ: ОБЗОР ОТРАСЛИ**

Электроэнергетика – основополагающая отрасль российской экономики, которая обеспечивает электрической и тепловой энергией внутренние потребности народного хозяйства и населения, а также производит экспорт энергии в страны СНГ и дальнего зарубежья. Именно надежное функционирование и устойчивое развитие данной отрасли обеспечивает успешное экономическое развитие страны и ее энергетическую безопасность.

Исторически территориальное распределение типов генерации сложилось следующим образом: Европейская часть России характеризуется сбалансированным распределением разных типов генерации (тепловой, гидравлической и атомной), в Сибири большая часть энергетических мощностей (около 50 %) представлена гидроэлектростанциями, в то время как на Дальнем Востоке преобладает тепловая генерация. В Калининградской области атомные электростанции составляют основу энергоснабжения.

В последние годы в российском электроэнергетическом секторе произошли радикальные изменения: преобразилась система государственного регулирования сектора, возник конкурентный рынок электроэнергии и созданы новые компании. Изменилась и структура отрасли: осуществлено разделение функций естественной монополии (передача электроэнергии, управление оперативной диспетчеризацией) и потенциально конкурентных (производство и продажа электроэнергии, ремонт и обслуживание). Вместо бывших вертикально интегрированных компаний, выполнявших все эти функции, были созданы структуры, специализирующиеся на определенных видах деятельности [1].

В ходе реформы производственные активы объединились в межрегиональные компании двух типов: генерирующие предприятия оптового рынка (ОГК) и территориальные производственные предприятия (ТГК). К ОГК присоединились электростанции, которые специализируются исключительно на производстве электроэнергии. ТГК в основном состоит из теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), вырабатывающих электроэнергию и тепло. Шесть из семи ОГК построены на базе тепловых электростанций, одна (РусГидро) – на базе гидроэнергетических активов.

Одной из важнейших задач реформы было создание благоприятных условий для привлечения частных инвестиций в промышленность. В ходе реализации программ IPO и продажи долей в генерирующих, сбытовых и ремонтных компаниях, принадлежащих РАО «ЕЭС России», эта задача была успешно решена. В естественно монополистических сферах, напротив, усилился государственный контроль [2].

Чтобы оценить состояние отрасли энергетики, ниже представлен анализ генерации электрической энергии за 2018–2019 гг. [3].

В 2019 г. выработка электрической энергии ЕЭС России, включая выработку электроэнергии электростанциями промышленных предприятий, составила 1080,6 млрд кВт·ч (прирост производства электроэнергии в 2018 г. составил 0,9 %), в том числе распределение годовой выработки электроэнергии по типам электростанций составило (табл. 1).

По данным Росстата, баланс потребления электроэнергии в Российской Федерации состоял из баланса выработки электроэнергии 38,4 тыс. электростанций, действующих в стране, и баланса экспорта-импорта (сальдо потоков) электроэнергии.

- ТЭС – 679,9 млрд кВт·ч (снижение производства на 0,3 %);
- ГЭС – 190,3 млрд кВт·ч (увеличение производства на 3,6 %);
- АЭС – 208,8 млрд кВт·ч (увеличение производства на 2,2 %);
- ВЭС – 0,3 млрд кВт·ч (увеличение производства на 47,3 %);
- СЭС – 1,3 млрд кВт·ч (увеличение производства на 69,4 %).

Таблица 1

Баланс электрической энергии в ЕЭС России за 2019 г., млрд кВтч

Показатель	2018	2019	Отклонение (+/-), % 2019 к 2018
Выработка электроэнергии, всего	1 070,9	1 080,6	0,9
в т. ч. ТЭС	681,8	679,9	-0,3
ГЭС	183,8	190,3	3,6
АЭС	204,4	208,8	2,2
ВЭС	0,22	0,32	47,3
СЭС	0,8	1,3	69,4
Потребление электрической энергии	1 055,6	1 059,4	0,4
Сальдо перетоков электрической энергии «+» – прием, «-» – выдача	-15,4	-21,2	37,9

В целях цифровой трансформации сложной топливно-энергетической отрасли (ТЭК) создание условий для внедрения в них цифровых технологий и платформенных решений с учетом приоритетов экономики Российской Федерации утвердила в 2017 г. ведомственный проект «Цифровая энергетика» [4].

Ведомственный проект направлен на трансформацию энергетической инфраструктуры Российской Федерации за счет внедрения цифровых технологий и платформенных решений для повышения ее эффективности и безопасности.

Для решения ключевой задачи цифровой трансформации энергетики проект до 2024 г. включает комплекс мер по четырем направлениям.

Ключевое значение имеет направление создания условий для совершенствования и развития цифровых сервисов и решений, общих для всех секторов топливно-энергетического комплекса. Планируется выстроить систему управления, координации и мониторинга цифровой трансформации ТЭК России, а также создать условия для развития цифровых сервисов и решений в единой информационной среде, прежде всего, для обеспечения цифровизации государственного управления и контрольно-надзорной деятельности в топливно-энергетическом комплексе. Благодаря этому сотрудничество государства, топливно-энергетических компаний и потребителей будет максимально комфортным и защищенным.

Также проектом предусмотрена реализация трех направлений цифровизации отдельных секторов топливно-энергетического комплекса: электроэнергетики, нефтегазового комплекса и угольной отрасли. В его рамках предусмотрены меры по развитию и адаптации законодательства, нормативно-правовой и технической базы, отбору и реализации пилотных проектов по внедрению цифровых технологий и промышленных платформенных решений. Параллельно деятельность по каждому направлению будет осуществляться с учетом специфики отрасли.

В целях обеспечения единой позиции в цифровом развитии отраслей топливно-энергетического комплекса в 2019 г. было инициировано формирование системы координации и мониторинга цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса России. Его ключевой элемент сформирован под председательством министра энергетики Российской Федерации А. В. Новак – Совет по цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса, гарантирующий выработку единой позиции и ключевых решений в цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса.

Также в рамках системы координации и мониторинга цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса России в 2019 г. ведущие топливно-энергетические компании при участии

Минэнерго России создали центры компетенций в электроэнергетической и нефтегазовой отраслях и угольной промышленности. В их основные задачи входит определение направлений и приоритетных технологий для ТЭК, нормативных и технологических барьеров для их реализации, а также разработка «дорожных карт» цифрового развития ТЭК.

Отрасль электроэнергетики в России занимает очень важное место во всей экономике страны. В настоящее время эта отрасль является одной из проблемных. В связи с этим для обеспечения развития экономики страны одной из главных задач, стоящей перед Россией в ближайшие годы, является развитие электроэнергетической сферы и решение проблем, которые сейчас в ней присутствуют.

Библиографический список

1. Основные характеристики российской электроэнергетики. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532> (дата обращения: 13.01.2021).
2. Макаров А. А., Воронай Н. И. Системные исследования в энергетике: методология и результаты. М.: Издательский дом МЭИ, 2018. 309 с.
3. Иохимович Е. Д., Трофимова Н. Н. Модернизация управления производственными процессами как главный фактор экономической трансформации // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства. Сборник тезисов докладов участников I Междунар. науч.-практ. конф. 2020 С. 419–421.
4. Ведомственный проект «Цифровая энергетика». URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14559> (дата обращения: 20.01.2021).

УДК 338.012

А. Е. Бельницкий

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВНЕДРЯЕМЫХ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

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. Казалось бы, что этот «велосипед» изобретут еще не скоро, но отнюдь! Уже сегодня западными специалистами разработана и активно внедряется технология Smart Grid.

В России об этой технологии знают не многие, поскольку пока ее работа расписана только на бумаге, в проекте развития российской энергетики до 2030 г. А вот западные мировые лидеры по производству и потреблению электроэнергии уже не только осознали все плюсы технологии, но и от теоретического этапа перешли 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 2022 г. [1].

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 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 умными счетчиками, которые устанавливаются на всех уровнях системы, в том числе в домах и квартирах потребителей. При взаимодействии между собой эта технология превращается в единый интеллектуальный комплекс с единой умной системой энергоснабжения, работающей без потерь, простоя и перебоев.

Национальная лаборатория энергетических технологий выделяет семь основных характеристик, определяющих особенности и функции, необходимые для удовлетворения требований к производительности такой улучшенной системы подачи энергии. Три из этих характеристик – способность к самовосстановлению, сопротивлению атакам и улучшению качества энергии. Технология Secure Super Grid представляет собой решение системного уровня с использованием сверхпроводящих кабелей, отвечающее всем трем критериям. Высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП) – один из наиболее важных компонентов современных умных сетей. С применением ВТСП проводников разрабатываются различные типы коммунального оборудования, включая ограничители тока короткого замыкания, синхронные конденсаторы, трансформаторы, двигатели, а также обычные и ветряные генераторы. ВТСП проводники уже были успешно продемонстрированы в энергосистеме и теперь готовы к коммерческому использованию. Внедрение технологии такой технологии в инновационные умные сети имеет большие перспективы для электроэнергетических компаний [2].

Силовые ВТСП кабели изготавливаются из сверхпроводящих материалов вместо традиционных – меди и алюминия. Поскольку ВТСП-кабели способны пропускать гораздо больший ток и имеют значительно меньшее сопротивление, чем обычные кабели, они способствуют более эффективному перетоку мощности переменного тока в сети. Эти характеристики позволяют стратегически размещать ВТСП-кабели в сети, чтобы отводить поток от перенапряженных обычных кабелей или воздушных ли-

ний, тем самым уменьшая перегрузку сети. Кабели с более низким сопротивлением также могут уменьшить перегрузку сети и сделать возможными новые, более гибкие конфигурации сети. В сочетании с традиционными проверенными технологиями, такими как последовательные дроссели или регуляторы фазового угла, ВТСП-кабели дают возможность напрямую управлять потоком мощности.

Различные демонстрации за последние несколько лет документально подтвердили диапазон рабочих конфигураций и потенциал ВТСП-кабелей. Например, компания American Electric Power приближается к завершению двухлетних полевых испытаний ВТСП-кабеля на станции Vixby AEP Колумбус, штат Огайо. Около 200 м уникального ВТСП кабеля Triax Southwire надежно обеспечивает более 50 МВт нагрузки примерно для 8600 потребителей. Кабельная система ВТСП Triax на подстанции AEP безупречно работает с августа 2006 г.

Кабель Triax ВТСП был разработан совместно Southwire и немецкой nkt cabin. Трехосная конструкция кабеля значительно снижает затраты на ВТСП-кабель за счет концентрического размещения трехфазных проводников вокруг общей центральной жилы, защищенных медным экраном. Эта компактная конструкция позволяет вдвое сократить необходимое количество ВТСП-проводов. Это также уменьшает так называемую площадь холодной поверхности кабеля, а вместе с тем энергию и затраты, связанные с требованиями криогенного охлаждения. Все эти нововведения снижают общую стоимость систем ВТСП. Другие кабельные проекты ВТСП также достигли успеха в США.

Управление энергетики Лонг-Айленда (LIPA) ввело в эксплуатацию первую в мире кабельную систему передачи электроэнергии ВТСП в коммерческой энергосистеме в апреле 2008 г. Самый амбициозный ВТСП проект на сегодняшний день – система LIPA 138 кВ, состоящая из трех однофазных силовых ВТСП кабелей, теперь успешно работает на полосе отвода Холбрука LIPA. Новая кабельная система ВТСП LIPA, работающая на полную мощность, может передавать до 574 МВт электроэнергии [3]. Как и в проекте AEP Vixby, в кабельной системе используется ВТСП-провод, производимый компанией American Superconductor (AMSC), которая также выступала в качестве генерального подрядчика проекта LIPA. С середины 2007 г. Con Edison, AMSC, Southwire и Министерство внутренней безопасности (DHS) объединили свои усилия, чтобы продемонстрировать способность кабелей ВТСП выдерживать критический ток. AMSC произвели специальный кабель для этого проекта, а Southwire спроектировали, изготовили и установили его.

Эта новая технология, получившая кодовое название «Project HYDRA», сочетает в себе способность ВТСП-проводов передавать очень большое количество энергии с их уникальной способностью автоматически подавлять токи короткого замыкания. В защищенных суперсетях используются уникальные ВТСП-провода, силовые кабели ВТСП и вспомогательные элементы управления для обеспечения высокой допустимой нагрузки, низкого сопротивления и возможности ограничения тока короткого замыкания для сети.

В контексте городских условий проект Con Edison демонстрирует, как гибкость, присущая кабельной системе ВТСП, может решить некоторые проблемы сетей, типичные для густонаселенных городских районов, где с каждым годом нагрузка на сеть только увеличивается.

Con Edison предоставляет электрические услуги практически всему Нью-Йорку. Con Edison управляет отдельными островами нагрузки, используя несколько подземных источников питания от подстанции. Обычно подстанция состоит из пяти трансформаторов мощностью 65 МВА 138–13 кВ, обслуживающих около 150 МВт нагрузки [4]. Стандарты безопасности коммунального предприятия требуют наличия резерва на случай непредвиденных обстоятельств для избегания снижения мощности даже при отключенных двух трансформаторах подстанции. Эта конфигурация характерна для многих городских электросетей по всему миру.

Эта сеть имеет неявный недостаток: между отдельными островами нет электрических соединений. В результате, если один или несколько трансформаторов будут выведены из строя, эта часть распределительной сети не сможет использовать избыточную мощность обслуживания нагрузки от соседнего распределения. Чтобы удовлетворить растущие потребности в энергии, Con Edison разворачивает новую систему распределения электроэнергии, которая соединяет вторичные подстанции через мощные подземные «перемычки».

В соответствии с этими изменениями Con Edison разделяет свои крупные распределительные сети на более мелкие, где каждая обслуживается от нескольких источников напряжением 13 кВ. Новая

сетевая архитектура позволяет локальным подстанциям совместно использовать избыточную мощность в чрезвычайных ситуациях, уменьшая при этом количество силовых трансформаторов, необходимых на каждой районной подстанции. Это существенно увеличивает общую надежность за счет совместного использования трансформаторов в сети.

Для того чтобы компактные сети работали должным образом, для их участков от подстанции к подстанции требуется мощность от 3000 до 5000 ампер, или от 68 МВА до 113 МВА. Это позволяет местным подстанциям совместно использовать избыточную мощность обслуживания нагрузки, создавая более безопасные пути доставки электроэнергии при критических нагрузках. Перекрестные соединения повышают надежность сети и, следовательно, уменьшают ее уязвимость перед сбоями или террористическими актами.

В условиях плотной застройки, успешная реализация возможности межсетевого взаимодействия сталкивается с двумя критическими проблемами:

как обеспечить необходимую пропускную способность для соединения подстанций при одновременном использовании ограниченного физического пространства, доступного под улицами города;

как предотвратить распространение токов короткого замыкания.

Соединения вторичной стороны позволяют обеспечивать значительную нагрузку от соседних подстанций. Для этого требуются соединения с высокой допустимой нагрузкой и низким сопротивлением. Для передачи энергии при ограничении падения напряжения хорошо подходят ВТСП-кабели. Они обладают способностью выдерживать ток в пять раз больший, чем у обычных кабелей, что делает их логичным выбором.

Две другие характеристики подчеркивают практичность использования кабеля ВТСП при ограниченном пространстве. Система охлаждения термически изолирует кабель от окружающей среды. Таким образом, устраняются возможности снижения номинальных характеристик, которые существуют в случае обычных кабелей. Кроме того, ВТСП-кабели практически не подвержены воздействию электромагнитного поля, что упрощает использование ВТСП проводников для электроэнергетических компаний [5].

Управление токами повреждений часто является самой сложной задачей для операторов электросетей. Как правило, промежуточные сети увеличивают величину токов короткого замыкания. Величина тока короткого замыкания определяется делением напряжения системы на остаточное сопротивление сети без нагрузки. Когда выполняются дополнительные параллельные сетевые соединения, сопротивление падает и величина потенциального тока короткого замыкания увеличивается. Мгновенное падение напряжения в энергосистеме, которое сопровождается повреждением, становится более выраженным с более высокими токами повреждения. Следовательно, усиление сети большим количеством соединений может вызвать более серьезные провалы напряжения при возникновении неисправностей.

Традиционный подход к этой проблеме заключался в установке дополнительного сопротивления в сети, обычно в виде последовательных катушек индуктивности. Компания Con Edison ввела такие меры в некоторых местах, как и другие городские коммунальные предприятия, но решение с высоким сопротивлением имеет ограниченную эффективность. По мере увеличения остаточного последовательного сопротивления и увеличения тока, чтобы соответствовать более высоким нагрузкам, напряжение падает прямо пропорционально обоим. Следствием этого является снижение напряжения (постоянная проблема качества электроэнергии) и нестабильность системы. Поскольку многие коммунальные предприятия быстро приближаются к этому пределу стабильности, необходима альтернатива.

Технология ВТСП предлагает уникальное техническое и экономическое решение проблемы тока короткого замыкания. Фундаментальным свойством ВТСП материалов является то, что выше критического уровня тока сверхпроводимость подавляется. Это означает, что они больше не являются сверхпроводящими. Компания AMSC разработала специальный провод, который электрически заживляет слой ВТСП-материала внутри слоев резистивного материала. Когда кабель изготавливается с использованием этого провода, ток, протекающий через кабель, обычно проходит через слой ВТСП с очень низким сопротивлением [6]. Когда происходит замыкание, которое превышает критический ток материала ВТСП, слой ВТСП гаснет, и ток автоматически шунтируется, чтобы течь через слой с более высоким сопротивлением, эффективно ограничивая величину тока замыкания.

Эта способность быстро переключаться, когда ток короткого замыкания превышает критический, является причиной того, что высокотемпературные сверхпроводники были названы умными материалами. То, что законы физики регулируют проводящие свойства ВТСП-материалов, устанавливает наиболее важную характеристику короткого замыкания на основе ВТСП ограничители тока: они отказоустойчивы.

Применение кабелей на основе сверхпроводимости сделало реальным переход от традиционных систем электроснабжения к автоматизированным – умным сетям. На данном этапе умные сети активно разрабатываются и применяются в зарубежных странах. Стандартные кабели ВТСП с ограничением тока повреждения и стандартные кабели ВТСП играют уникальную роль в интеллектуальных сетях, обеспечивая:

- самовосстанавливающиеся свойства – независимо от метода достижения самовосстановления электросети, точки соединения должны существовать заранее. Создание этих точек соединения путем объединения в сеть городских сетей создает множество проблем, начиная от ограниченной доступности полосы отвода и заканчивая необходимостью контролировать величину тока короткого замыкания, и все они могут быть устранены с помощью кабелей ВТСП [7];
- устойчивость к атакам – кабели ВТСП обеспечивают низкое сопротивление и высокую допустимую нагрузку, что позволяет просто и легко передавать мощность между подстанциями для создания плотно связанной городской сети, а также ограничивать потенциально опасные величины тока повреждения, вызванные преднамеренными действиями;
- повышенное качество электроэнергии – ВТСП-кабели снижают просадки напряжения за счет более низкого сопротивления и ограничивают провалы напряжения за счет своих свойств ограничения тока короткого замыкания.

Библиографический список

1. Перспектива IEEE для управления интеллектуальной сеткой: 2030 и далее эталонная модель // IEEE Vision for Smart Grid Control: 2030 and Beyond Reference Model. 2013. Р. 1–10.
2. Пьеридер Х. Сверхпроводящие ограничители тока короткого замыкания в распределительной системе // Конференция IET по Smart Grid 2010: воплощение в жизнь. Лондон, 2010. С. 1–18.
3. Бок Д., Хобл А., Шрамм Д. Сверхпроводящие ограничители тока повреждения – новое устройство для интеллектуальных сетей будущего // Китайская междунар. конф. по распределению электроэнергии. Шанхай, 2012. С. 1–4.
4. Трофимова Н. Н. Влияние цифровизации экономики на модернизацию промышленности // Актуальные проблемы экономики и управления. 2020. № 2 (26). С. 50–54.
5. Иохимович Е. Д., Трофимова Н. Н. Модернизация управления производственными процессами как главный фактор экономической трансформации // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: сб. науч.-практ. конф. 2020. С. 419–421.
6. Маркионини В., Ямада И., Мартини Л. Высокотемпературная сверхпроводимость: дорожная карта для приложений электроэнергетического сектора, 2015–2030 гг. // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. N 4. Р. 1–7.
7. Ли В. Перспективы применения сверхпроводящего ограничителя тока короткого замыкания в электросетях Китая // Междунар. конф. IEEE 2013 по прикладной сверхпроводимости и электромагнитным устройствам. Пекин, 2013. С. 513–516.

К. С. Березкин

студент кафедры технологий защиты информации

Т. Н. Елина – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА

Критически важные объекты – это объекты, нарушение (или прекращение) функционирования которых приводит к потере управления, разрушению инфраструктуры, необратимому негативному изменению (или разрушению) экономики субъекта или административно территориальной единицы, или существенному ухудшению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях на длительный период времени.

Перечень критически важных объектов любой индустриально развитой страны – и Россия здесь не исключение – исчисляется тысячами единиц. Сюда входят атомные электростанции, объекты ядерно-топливного, нефтегазового, энергетического и оборонного комплексов, крупные инженерные сооружения, гидроузлы, металлургические и химические производства, банки, правительственные здания, надводный, воздушный и трубопроводный транспорт и т. д. Нетрудно представить масштабы человеческих потерь и материального ущерба в случае техногенной катастрофы или диверсии на любом из этих объектов [1].

Проблема обеспечения безопасности такого рода объектов крайне актуальна сегодня во всем мире. Так, например, по заявлению одного из американских экспертов по взрывным работам, «можно выбрать от трех до пяти человек из бывших военнослужащих по подводным взрывным операциям из разведки морской пехоты или из подразделений «зеленых беретов» и провести акты саботажа практически против любого ядерного реактора в стране».

По мнению западных спецслужб, руководство «Аль-Каиды» делает ставку на «акты терроризма, способные нанести невосполнимый экономический ущерб». При этом ведущая роль в проведении такого рода диверсионно-террористических операций отводится террористам-смертникам, которые должны совершать взрывы атомных реакторов, химических и нефтеперерабатывающих заводов, поездов с радиоактивными материалами. И такого рода сценарии не являются гипотетическими [2].

Большинство критически важных объектов, нуждаются в антитеррористической защите, проводимой посредством:

- оценки защищенности критически важных объектов от террористических атак;
- прогнозирования террористических угроз и оценки эффективности противодействия террористическим актам на основе комплексного анализа антитеррористической защищенности объектов (террористических рисков);
- создания современных эффективных технических средств и систем пресечения террористических акций.

Решение указанных проблем должно носить комплексный характер и осуществляться в рамках единой программы научно-технического и технологического обеспечения противодействия терроризму, объединяющей усилия заинтересованных министерств, ведомств и разработчиков. Для этого необходимо целевое финансирование и единый системный заказчик. Такой вариант является наиболее эффективным, поскольку обеспечивает единый комплексный подход к решению проблемы, согласованность действий участвующих субъектов, рациональное использование государственных финансовых ресурсов и получение действенного результата в кратчайшие сроки.

Со своей стороны, администрация объекта и его службы охраны обязаны предусматривать возможные сценарии преступных посягательств на объект и выстраивать комплексную адекватную систему его защиты, включая приобретение и установку необходимых технических средства и устройств.

Принятые меры

Федеральная служба по техническому и экспортному контролю

ФСТЭК России в соответствии с положением о федеральной службе осуществляет полномочия по обеспечению безопасности ключевых систем информационной инфраструктуры, в том числе обеспечение безопасности в АСУ ТП критически важных объектов.

Наиболее важным документом, выпущенным их службой в части обеспечения ИБ АСУ ТП критически важных объектов, является приказ № 31, изданный в марте 2014 г., а в следующем году был зарегистрирован Минюстом России.

Данный приказ утверждает требования к обеспечению защиты информации в АСУ ТП на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также на объектах повышенной опасности для жизни и здоровья людей и природной среды.

По словам Д. Н. Шевцова, к разработке этих требований привлекались специалисты ФСБ, Минэнерго, Минпромторга, Минтранса, Роскосмоса, «Росатома», «Газпрома» и ряда других государственных и частных организаций, в ведении которых находятся критически важные объекты. При разработке документа был учтен не только российский опыт, но и передовой опыт иностранных государств.

Представитель ФСТЭК также пояснил, что приказом определен гибкий подход по заданию требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления, который позволяет учитывать и нейтрализовывать все актуальные угрозы для владельца объекта, а также учитывать все структурно-функциональные характеристики и нюансы этого объекта [3].

«Элерон»

В 1989 г. в соответствии с решением Правительства СССР (приказ Министра атомной энергетики и промышленности СССР от 07.12.1989 № 040) для решения задач по разработке технических средств охраны и оснащению ими объектов атомной промышленности и других важнейших государственных объектов в структуре министерства на базе СТУ, ВНИИФП и СКТБ создается единый научно-технический и производственный комплекс – Специальное научно-производственное объединение «Элерон».

Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.09.1993 № 911-50 СНПО «Элерон» назначено головной организацией по созданию и оснащению техническими средствами безопасности правительственных, административных зданий и крупных промышленных объектов (РАО ЕЭС, нефтегазохимический комплекс и др.).

К 2015 г. в Обществе проведено коренное техническое перевооружение испытательной базы и производственных цехов. В разы увеличивается номенклатура выпускаемых изделий. Подтверждается статус «Элерона» как высокоэффективного и конкурентоспособного предприятия.

Важнейшей составляющей работы АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон» является научная деятельность в области технико-технологического обеспечения безопасности особо важных и критически важных объектов. Научная деятельность основана на исследованиях, направленных на создание и развитие всех составных частей современных и перспективных систем безопасности.

Специализацией Проектного института является разработка проектной документации на оснащение объектов комплексами инженерно-технических средств и систем физической защиты. Сотрудниками института выполняются работы по:

- проведению категорирования предметов физической защиты и ядерных объектов;
- концептуальному проектированию СФЗ;
- разработке аналитического обоснования необходимости создания системы защиты информации в СФЗ; заданий на проектирование, создание/совершенствование СФЗ; проектной и рабочей документации.

Монтажно-наладочный блок осуществляет одну из основных производственных функций АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон». Специалистами монтажно-наладочных подразделений выполняются работы по монтажу и наладке комплексов инженерно-технических систем физической защиты (КИТСФЗ).

Производственный блок представляет собой современный производственный комплекс, включающий механический, сборочно-монтажный, инструментальный цеха и технологическую службу. Завод осваивает и выпускает небольшие и средние серии новейших наукоемких приборов, систем и комплексов, проводит отработку опытных партий новой техники, разработанной специалистами научного блока предприятия.

АО «ФЦНИВТ СНПО «Элерон» является действующим членом СРО «Союзатомстрой», осуществляет функции заказчика строительства и генподрядной строительной организации, имеет соответствующие свидетельства, допуска, лицензии, сертификаты.

Объединение обладает развитой производственной базой, исследовательским, приборным и специальным оборудованием, позволяющим обрабатывать наукоемкие компоненты систем физической защиты, проводить испытания опытных образцов и серийных изделий.

Продукция предприятия соответствует требованиям ГОСТ Р и стандартам системы менеджмента качества, отличается высокими тактико-техническими характеристиками и обладает высокой надежностью.

Широким фронтом ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на создание систем:

- контроля и управления доступом (СКУД);
- телевизионного наблюдения и обнаружения с широкими функциональными и тактическими возможностями;
- обнаружения проноса металлов, радиоактивных материалов и взрывчатых веществ;
- автоматизированного сбора и обработки информации (ССОИ), поступающей от средств обнаружения, с возможностью подключения любого количества датчиков и осуществления необходимого числа процедур и тактик сдачи/приема под охрану;
- защиты информации, в том числе программного комплекса для автоматического высокоточного обнаружения средств несанкционированного снятия информации;
- обнаружения подводных пловцов-диверсантов, маломерных летательных целей: парашютов, дельтапланов.

Также в продуктовой линейке предприятия присутствуют учебно-тренировочные средства для обучения эксплуатирующего персонала как непосредственно на оснащаемых объектах, так и на предприятии [4].

«Эйснет»

Общество с ограниченной ответственностью «Эйснет» основано в 2013 г. командой профессионалов в области построения информационных систем и обеспечения информационной безопасности.

«Эйснет» – системный интегратор, консультант и поставщик комплексных решений в сфере защиты информации. Компания обладает необходимым инженерно-техническим и кадровым потенциалом, позволяющим реализовывать проекты любой сложности с последующим сопровождением, поддержкой и развитием разработанного решения в течение всего периода эксплуатации [5].

Основные направления деятельности:

- услуги в сфере информационной безопасности (аудит, лицензирование во ФСТЭК России и ФСБ России);
- проектирование и создание ИТ-инфраструктуры объектов любого масштаба (аудит, СКС, ЛВС, беспроводные решения);
- профессиональная разработка сайтов любой сложности;
- проектирование и реализация комплексных систем безопасности (системы видеонаблюдения и СКУД);
- создание систем виртуализации;
- реализация проектов по автоматизации торговли;
- поставка оборудования и программного обеспечения;
- консалтинг и техническое сопровождение поставляемых решений.

Программно-аппаратные решения проблемы

Анализ моделей угроз и моделей нарушителей на основе накопленного опыта применения ИТСО на различных объектах в стране и мире показывает, что чаще всего, в качестве первого рубежа охраны используется сигнализационное ограждение вибрационного типа, интегрированное в единый комплекс со средствами объективного контроля (видеокамеры, радиолокаторы и тепловизоры).

Сигнализационное ограждение выполняет одновременно несколько важнейших задач:

- информирует о границе запретной территории;
- является инженерным препятствием для проникновения;
- служит источником сигнала при различных попытках нарушения периметра;
- выдает целеуказание средствам объективного контроля.

Обнаружению нарушителя периметра объекта из любого места в режиме реального времени способствуют тепловизионные или оптические камеры и радар, которые обнаруживают, проверяют и идентифицируют потенциальных злоумышленников. Системы охранного видеонаблюдения для КВО должны работать даже в условиях недостаточной освещенности или в полной темноте. Также в них должно быть предусмотрено управление панорамированием, наклоном и зумом для наблюдения за конкретными областями. Интеллектуальные аналитические приложения запускают предупреждения и соответствующие сигналы для персонала, что экономит время и средства, затрачиваемые на обычное патрулирование с учетом ложных тревог.

Средства принудительной остановки транспорта (противотаранных ворот, шлагбаумов, боллардов), а также ограждений, устанавливаемых по периметру объекта и в зоне досмотровых шлюзов [6].

Чего не хватает

Вместе с тем есть и отрицательные моменты относительно обеспечения безопасности информации. Так, ФСТЭК отмечает, что в отдельных АСУ ТП практически отсутствуют механизмы, обеспечивающие защиту систем от внешних информационных угроз. Недостаточное внимание уделяется вопросам защиты от несанкционированного доступа и угрозам от внутреннего нарушителя, не принимаются меры по безопасному межсетевому взаимодействию.

Еще одной важной проблемой, которую видят в ФСТЭК, является нежелание разработчиков АСУ внедрять меры защиты на этапе их разработки. В результате вся ответственность ложится на плечи тех, кто эти системы эксплуатирует, и зачастую на стадии эксплуатации принять эти меры невозможно – система уже работает, ее невозможно остановить и сложно заменить какие-то ее элементы. Кроме того, из-за этого появляются противоречия требований к наличию ИТСО по отношению к требованиям пожарной, промышленной безопасности и Ростехнадзора для оборудования критических элементов, а затраты на модернизацию и техническое обслуживание ИТСО не включаются в тариф на электроэнергию.

К сожалению, среди некоторой категории руководителей бытует мнение, что установка большого числа видеокамер полностью решает задачи охраны периметра. Однако системы видеонаблюдения не являются сигнализационными средствами. Их назначение вспомогательное – это устройства объективного контроля для систем охранной периметровой сигнализации.

Правила по обеспечению безопасности и антитеррористической защищенности КВО, с одной стороны, носят избыточный характер, с другой – комплексы ИТСО создаются равнообъемные по всему периметру, не учитывают наличие наиболее вероятных участков для проникновения [6].

Новейшие подходы решения проблемы

В числе технологий, востребованных среди заказчиков из нефтегазовой отрасли и промышленной сферы, названы:

- системы досмотра днища автомобиля с функцией сканирования;
- камеры высокого разрешения с поддержкой технологии глубокого обучения;
- тепловизионные технологии;
- радары для обнаружения несанкционированного вторжения на территорию объекта;
- автономные системы охранного видеомониторинга для работы на удаленных объектах.

На сегодняшний день на рынке уже есть технологии, представляющие комплексное решение задач разработки, производства и монтажа, позволяющие производить установку мобильного объекта, например – инженерное линейное ограждение с противотаранными свойствами, которое можно мобильно установить и демонтировать, причем с последующим многократным монтажом.

Далее следует рассказать о таком приеме, как скрытая установка внутри конструкций технических средств охраны, кабельных линий электропитания и связи, что дает возможность полностью маскировать системы охраны объекта, вводя потенциального нарушителя в заблуждение по поводу охраны объекта.

Следует обратить внимание на системы удаленного мониторинга состояния всех систем охраны, видеонаблюдения, освещения и т. д., отсутствие необходимости обслуживания такой системы, например, какие-либо трансформаторные подстанции и другие малые объекты, которые находятся в удалении от населенных пунктов, дорог и т. д. (там, где физически невозможно поставить охрану).

Не менее важно отметить возможность монтажа такого комплекса без мокрых процессов (бетонирования) и сварочных работ за счет того, что все его составляющие поставляются на объект в таком виде, чтобы их можно было собрать с помощью отвертки, гаечного ключа, молотка и лопаты.

Сегодня все более широко применяют фундаменты заводской готовности, которые позволяют свести к минимуму работы по разработке грунта и т. п.

Появились радиолокационные средства охраны территорий и периметра как зарубежных, так и отечественных производителей. При этом комплексы охраны, построенные на этой технологической базе, содержат визуальные средства наблюдения, мониторинг траектории цели, что существенно улучшает контроль за действиями нарушителей и их передвижениями на охраняемом объекте.

Применение ИИ в системах безопасности для прогнозирования рисков и оценки уязвимостей, в алгоритмах принятия решения о проникновении, при анализе сигналов, поступающих от чувствительных элементов системы.

Применение в моей работе

Цель моей работы – создание системы, которая на основе имеющихся данных о компании будет формировать комплекс средств защиты информации в соответствии с регулирующими документами из имеющего набора средств, разновидностей которых сегодня можно встретить в достаточно большом количестве.

Основная задача – формирование комплекса средств защиты информации при разработке предприятия, позволяющего учесть большинство требований безопасности и затраты (энергетические, финансовые и т. д.), в том числе и на средства защиты, с проблемой которых часто сталкиваются руководители после завершения строительства и оснащения объекта, когда вспоминают про вопросы безопасности.

Говоря иными словами, будут учтены недостатки, опыт и решения уже имеющихся компаний как по разработке систем безопасности, так и использующих их.

Библиографический список

1. *Каширова М. С.* Критические важные объекты. URL: https://www.myuniversity.ru/%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B6%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/201549_2403168_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B01.html (дата обращения: 26.09.2020).

2. ИДКТК и КТУ ООН. Защита критически важных объектов инфраструктуры от террористических атак: сб. передового опыта, 2018. С. 15. URL: <https://unrcca.unmissions.org/ru/%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0-%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%>

D1%81%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D1%85-%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2-%D0%B8%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B-%D0%BE%D1%82-%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85-%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BA-%D1%81%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA (дата обращения: 26.09.2020).

3. Tadviser. Информационная безопасность АСУ ТП КВО. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%90%D0%A1%D0%A3_%D0%A2%D0%9F_%D0%9A%D0%92%D0%9E (дата обращения: 27.09.2020).

4. Элерон, история компании. URL: <https://www.eleron.ru/company/history> (дата обращения: 03.10.2020).

5. Эйснет. URL: <http://ace-net.ru/> (дата обращения: 03.10.2020).

6. Журнал «Системы безопасности». URL: http://secuteck.ru/articles2/kompleks_sys_sec/zaschita-perimetra-promyshlennyh-i-kriticheski-vazhnyh-obektov-mneniya-ekspertov (дата обращения: 04.10.2020).

УДК 004.62

Л. С. Бескровная

студентка кафедры технологий защиты информации

С. Г. Фомичева – кандидат технических наук, профессор – научный руководитель

АЛГОРИТМЫ DATA SCIENCE ДЛЯ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Мониторинг событий безопасности сопровождается формированием колоссального объема данных в журналах логирования. Базы данных не всегда могут вместить этот большой объем информации, а также быстро ее обработать. Поэтому в настоящее время появилось новое веяние в индустрии IT-безопасности, называемое озерами данных.

Использование озер данных для хранения и обработки данных системных журналов существенно ускорит получение результатов анализа безопасности ИС. При этом вопросы анализа озер данных становятся особо значимыми. В статье приведены результаты эффективности анализа озер данных, хранящих события безопасности системных журналов.

Алгоритм кластеризации

Среди алгоритмов иерархической кластеризации выделяются два основных типа: нисходящие и восходящие алгоритмы. Первые работают по принципу «сверху-вниз»: в начале все объекты помещаются в один кластер, который затем разбивается на все более мелкие кластеры. Более распространены восходящие алгоритмы, которые в начале работы помещают каждый объект в отдельный кластер, а затем объединяют кластеры во все более крупные, пока все объекты выборки не будут содержаться в одном кластере. Результаты таких алгоритмов обычно представляют в виде дерева – дендрограммы [1].

Под кластерным анализом понимается задача разбиения заданной выборки объектов на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

К недостатку иерархических алгоритмов можно отнести систему полных разбиений, которая может являться излишней в контексте решаемой задачи.

Исходя из различных вариаций алгоритмов кластеризации [2], [3] выделяются самые эффективные, для которых указаны вычислительная сложность алгоритмов, имеющая ключевое значение для применения того или иного алгоритма (табл. 1).

Таблица 1

Алгоритмы кластеризации и их вычислительная сложность

Алгоритм кластеризации	Вычислительная сложность
Иерархический	$O(n^3)$
k-средних	$O(nkl)$, где n – число кластеров; l – число итераций
c-средних	
Выделение связных компонент	Зависит от алгоритма
Минимальное покрывающее дерево	$O(n^2 \log n)$
Послойная кластеризация	$O(\max(n, m))$, где $m \leq n(n-1)/2$

На тестовой выборке объемом до 150 Мбайт, содержащей события безопасности, с помощью MATLAB был реализован алгоритм k-means.

k-means

Алгоритм *k-means* разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров k . Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать средне-квадратичное отклонение на точках каждого кластера [4].

Суть *k-means* состоит в том, чтобы каждый раз перемещать центроид к среднему значению всех точек в группе. Он основан не на расстоянии, а на основе минимизации суммы отклонений. Дисперсия точно евклидова. Квадрат расстояния: если используются другие расстояния, но все же для минимизации суммы дисперсий, весь алгоритм не будет сходиться, поэтому *k-means* использует метод Евклида.

Метод *k-means* может использоваться для предварительного разбиения на группы большого набора данных, после которого проводится более мощный кластерный анализ подкластеров. Метод *k-means* может использоваться, чтобы «прикинуть» количество кластеров и проверить наличие неучтенных данных и связей в наборах. Алгоритм *k-means* крайне чувствителен к выбору начальных приближений центров. Случайная инициализация центров на шаге 1 может приводить к плохим кластеризациям. Для формирования начального приближения лучше выделить k наиболее удаленных точек выборки: первые две точки выделяются по максимуму всех попарных расстояний; каждая следующая точка выбирается так, чтобы расстояние от нее до ближайшей уже выделенной было максимально.

Кластеризация может оказаться неадекватной и в том случае, если изначально будет неверно угадано число кластеров. Стандартная рекомендация – провести кластеризацию при различных значениях k и выбрать то, при котором достигается резкое улучшение качества кластеризации по заданному функционалу.

На рис. 1 изображен результат обработки выборки алгоритмом *k-means*. В результате получаем 3 помеченных разными цветами кластера, где активность в определенных час имеет разный порядок.

Количественные данные выборки по часам суток представлены в табл. 2.

По данным табл. 2 мы можем визуально выделить примерно два кластера, которые явно выделяются среди всей выборки. Можем сделать вывод, что алгоритм *k-means* выполняется корректно на данной выборке.

Таблица 2

Данные тестовой выборки

Час суток	Количество инцидентов	Час суток	Количество инцидентов
0	128	13	2758
1	28	14	2724
2	18	15	3856
3	11	16	1669
6	24	17	2100
7	313	18	3473
8	1750	19	3515
9	2377	20	2008
10	2088	21	3459
11	1710	22	2348
12	2889	23	596

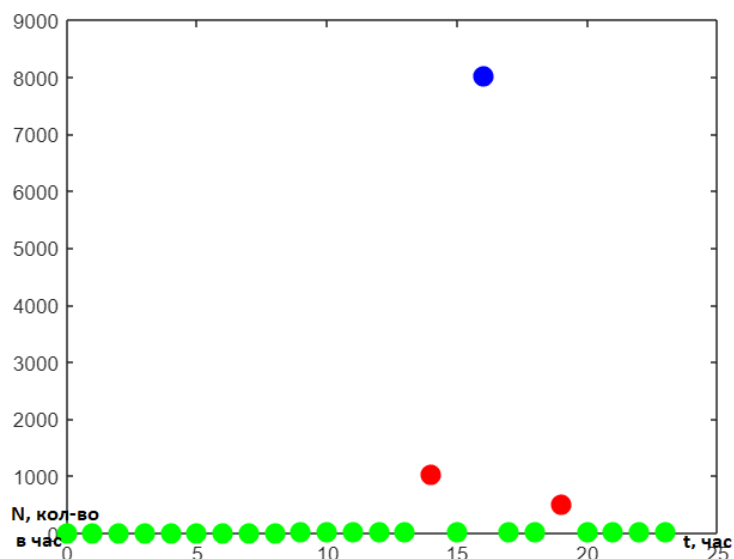


Рис. 1. Результат выполнения алгоритма *k-means* на тестовой выборке

Алгоритм иерархической кластеризации

Суть иерархической кластеризации состоит в последовательном объединении меньших кластеров в большие или разделении больших кластеров на меньшие. Стандартный алгоритм иерархической агломеративной кластеризации имеет временную сложность $O(n^3)$, что делает его слишком медленным даже для средних наборов данных. Во многих случаях накладные расходы памяти при таком подходе слишком велики, чтобы сделать его практически применимым [5].

Иерархические алгоритмы (также называемые алгоритмами таксономии) строят не одно разбиение выборки на непересекающиеся кластеры, а систему вложенных разбиений. Таким образом, на выходе мы получаем дерево кластеров, корнем которого является вся выборка, а листьями – наиболее мелкие кластера.

На рис. 2 изображен результат выполнения алгоритма иерархической кластеризации по данным тестовой выборки (табл. 2).

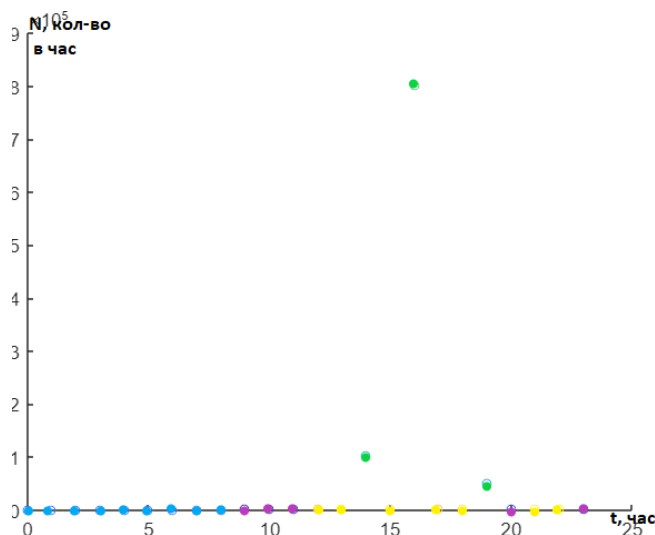


Рис. 2. Результат выполнения алгоритма иерархической кластеризации

Результаты выполнения двух вышеперечисленных алгоритмов на данной тестовой выборке совпадают.

Алгоритм дискриминантного анализа

Дискриминантный анализ – это статистический метод, предназначенный для изучения отличий между двумя или большим количеством групп объектов с использованием данных о разнообразии нескольких признаков, отличающих эти объекты друг от друга.

Задачами дискриминантного анализа является определение решающих правил, позволяющих по значениям дискриминантных переменных (предикторов) отнести каждый объект к одной из известных групп «веса» каждой дискриминантной переменной для разделения объектов на группы [6].

На рис. 3 представлен результат дискриминантного анализа на тестовой выборке (табл. 2).

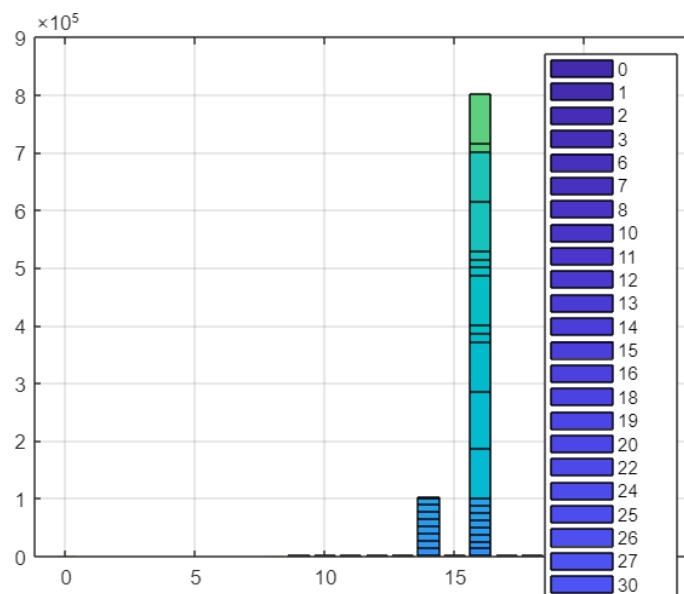


Рис. 3. Результат дискриминантного анализа

Больше всего событий безопасности произошло в период времени с 15–16 часов, что продемонстрировано самым высоким столбцом на диаграмме, а также соответствует выделенному кластеру в ходе анализа иерархическим методом и методом *k-means*.

Сравнительный анализ алгоритмов анализа озер данных

Результаты сравнительного анализа исследованных алгоритмов приведены в табл. 3.

В таблице выделены основные особенности алгоритмов, такие как сложность, достоинства и недостатки, по которым можно сказать, будет ли подходить алгоритм для той или иной задачи.

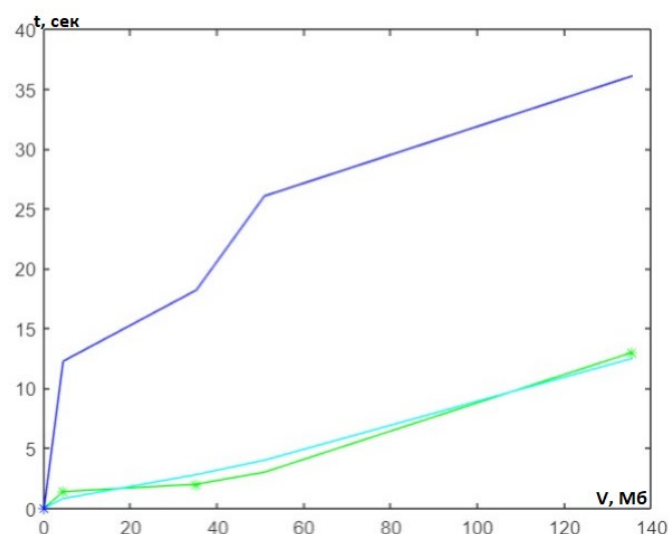


Рис. 4. График зависимости времени выполнения алгоритма от объемов исследуемых данных

Сравнительная таблица алгоритмов анализа данных

Алгоритм	Сложность алгоритма	Формула расчета	Преимущества	Недостатки
<i>k-means</i>	$O(nlk)$	$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} (x - \mu_i)^2$ k – число кластеров, S_i – полученные кластеры, μ_i – центры масс всех кластеров x из кластеров S_i	Алгоритм само-обучающийся. Прост в реализации, отсюда и самый быстрый	Чувствителен к выбросам и первоначальному выбору центроидов. Нужно заранее выбрать число кластеров
<i>Hierarchical</i> (иерархический алгоритм)	$O(n^3)$	$\ (a-b)\ _2 = \sqrt{\sum_i (a_i - b_i)^2}$ Евклидово расстояние для нахождения расстояния между кластерами	Сами наблюдения не требуются. Используется матрица расстояний	Медленный даже для средних наборов данных
<i>Discriminant Analysis</i>	$O(nl)$, l – число итераций		Прост в реализации. Наглядно показывает распределенность данных	Медленный при обработке больших объемов данных

На основе сравнительной табл. 3 каждый из представленных алгоритмов был проверен на данных разного объема, при этом было зафиксировано время выполнения алгоритма (рис. 4).

Синий график – дискриминантный анализ, голубой – иерархический анализ, зеленый – *k-means*. Таким образом, при объеме данных озера до 5 МБ эффективней использовать иерархический алгоритм. При этом, если типичные объемы озер от 5 до 100 МБ, следует целесообразно использовать алгоритм *k-means*; при объемах данных от 100 и выше следует снова переключиться на иерархический алгоритм.

Библиографический список

1. Обзор алгоритмов кластеризации данных. URL: <https://habr.com/ru/post/101338/> (дата обращения: 17.09.2020).
2. Фомичева С. Г., Попкова А. А. Обработка больших массивов данных: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Норильский индустриальный ин-т». Норильск, 2010. 335 с.
3. Fomicheva S. Soft quantization of the productions knowledgebases for multi-agent systems, В сборнике: Conference of Open Innovation Association, FRUCT. Proceedings of the 20th Conference of Open Innovations Association, FRUCT 2017. 2017. P. 69–76.
4. Кластеризация: алгоритмы k-means и c-means. URL: <https://habr.com/ru/post/67078/> (дата обращения: 05.10.2020).
5. Академия НАФИ. URL: https://nafi.ru/upload/spss/Lecture_10.pdf (дата обращения: 29.10.2020).
6. Statistics and Machine Learning Toolbox in Matlab. URL: <https://www.mathworks.com/help/stats/> (дата обращения: 29.10.2020).
7. Анализ данных в Matlab URL: https://docs.exponenta.ru/matlab/learn_matlab/data-analysis.html (дата обращения: 29.10.2020).

УДК 62.529

А. П. Бобрышов, А. У. Давудян

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Кузьменко

аспирант, ассистент кафедры электромеханики и робототехники

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

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ

Введение

Появление и развитие электротехники постоянного и переменного токов сформировали определенные требования к магнитным материалам. От них стали требовать больших значений магнитной индукции насыщения, малых потерь энергии на гистерезис и вихревые токи и меньшего старения, чем у использовавшейся ранее низкоуглеродистой стали. В самом начале XX в. был достигнут значительный прогресс в разработке листовых электротехнических материалов.

Железо-кремниевые сплавы Роберта Гадфилда

В 1889 г. Роберт Аббот Гадфилд, владелец сталелитейного завода в Шеффилде, Англия, изучал свойства сплавов железа с кремнием, которые были изготовлены в разных пропорциях их компонентов. Целью этих экспериментов было желание продвинуть исследования по применению марганца в сталях. Однако результаты этих опытов оказались непродуктивными для стали Гадфилда. В 1899 г. английский ученый сэр Вильям Баррет исследовал железо-кремниевые сплавы, ранее изготовленные Гадфилдом, и обнаружил, что они имеют улучшенные магнитные характеристики по отношению к низкоуглеродистой стали.

Уже в 1900 г. В. Баррет совместно с В. Брауном и Р. Гадфилдом опубликовали свои первые исследования об электромагнитных свойствах сплава железа с кремнием. В работе было отмечено, что введение до 2,5 % кремния значительно повышает магнитную проницаемость.

Образцы сплавов и результаты своих измерений они передали в Германию на завод Круппа для выяснения возможностей практического применения. От Круппа эти образцы получил немецкий ученый Эрнст Гумлих, профессор Имперского физико-технического института в Берлине, который в 1902 г. проверил результаты английских исследователей и дополнил их своими. Гумлих обратил внимание на высокое электрическое сопротивление сплава железа с кремнием и первым высказал предположение о положительном влиянии этого явления на снижение потерь от вихревых токов в электротехническом железе. Первая промышленная партия электротехнического железа с добавками кремния была выпущена в 1905 г.

Электротехническая сталь в России

До Первой мировой войны практически все листовое железо для Российских электротехнических заводов поставлялось из-за границы, преимущественно из Германии. В первый год войны, с осени 1914 г. ряд металлургических заводов Урала начали осваивать производство электротехнического железа, благо технология была подробно представлена в специальной литературе. К сожалению, в 1918 г. производство электротехнической стали прекратилось из-за экономических соображений.

Наконец, в середине 1920-х гг. на фоне общего повышения уровня научных исследований СССР началась разработка проекта первого промышленного стандарта «Сталь листовая электротехническая». В апреле 1931 г. состоялась Первая Всесоюзная научно-техническая конференция по трансформаторной стали. Спустя многие годы развития в 1986 г. на Новолипецком металлургическом комбинате был запущен крупнейший в Европе цех по выпуску электротехнической стали. На сегодняшний день Россия относится к числу тех государств, где объемы производства превышают внутреннее потребление и по сей день проводится сложная работа по систематическому повышению качества электротехнической стали.

Свойства электротехнической стали

Как было сказано ранее, электротехническая сталь – это разновидность черного металла с улучшенными электромагнитными свойствами. Добиться этого удастся внедрением кремния. Таким образом как металл электротехническая сталь представляет собой сплав железа с кремнием, содержание которого составляет 0,8–4,8 % [1].

Электротехническая сталь также имеет названия динамная сталь, трансформаторная сталь и кремнистая электротехническая сталь. Исходя из химического состава (содержания легирующих примесей) металл разделяют на две категории динамная и трансформаторная сталь. В первой разновидности процент вхождения кремния составляет 0,8–2,5 %, тогда как трансформаторное железо характеризуется уровнем легирования 3,0–4,5 %.

Повышение содержания кремния в металле снижает удельный вес оксидов железа. Как показывает практика, одновременно с этим происходит рост индукции насыщения B_s железа. Ее максимальная величина достигается при содержании Si на уровне 6,4 %. Однако по химическому составу электротехническая сталь остается легированным металлом с содержанием кремния не более 4,8 % [2]. Это связано с ухудшением механических свойств металла, хрупкости (в частности, при росте концентрации Si). Наряду с кремнием в электротехническую сталь может добавляться алюминий на уровне 0,5 %.

Электротехническая сталь – отличный материал для магнитопроводов в составе электрических аппаратов. Понять, почему сердечник трансформатора выполняют из электротехнической стали, несложно. Это следует из свойств металла, в частности повышения удельного электрического сопротивления, что в свою очередь приводит к уменьшению потерь мощности от вихревых токов, характерных для сердечника трансформатора. Как результат – повышается общая эффективность устройства, а сам сердечник меньше нагревается.

Дополнительные потери энергии в сердечнике трансформатора происходят вследствие гистерезиса – процесса циклического перемагничивания (рис. 1) [2]. Сужение петли гистерезиса благодаря уменьшению ее площади приведет к понижению потерь на перемагничивание. Это вторая причина использования электротехнической стали в сердечнике трансформатора.

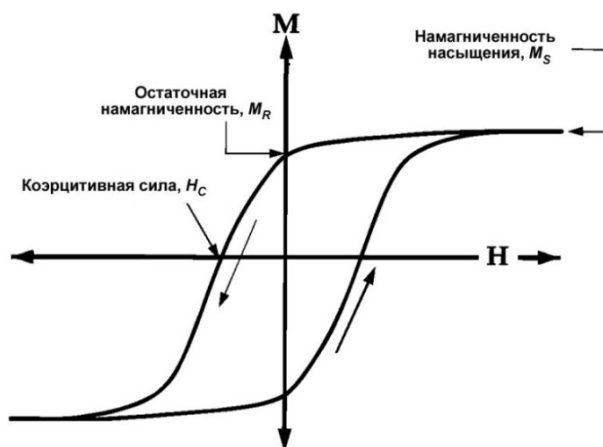


Рис. 1. Петля гистерезиса

Маркировка электротехнической стали

Маркировка электротехнической стали состоит из четырех – пяти цифр: 1. Первая цифра обозначает класс по структурному состоянию и виду прокатки. Это может быть (1) – горячекатаная изотропная, (2) – холоднокатаная изотропная и (3) – холоднокатаная анизотропная [3]. 2. Вторая цифра обозначает группу стали по содержанию кремния. Это может быть (0) – содержание кремния менее 0,4 %, (1) – содержание кремния в стали 0,8 %. Последующие значения отображают увеличение содержания кремния на 1 %, но не превышая 4,8 %. 3. Третья цифра характеризует электромагнитные характеристики стали: при цифре 0 – это величина удельных магнитных потерь при частоте тока в 50 Гц и индукции 1,7 Тл, а также индукция при напряженности поля 100 А/м; при

цифре 1 – величина удельных магнитных потерь при частоте тока в 50 Гц и индукции 1 и 1,5 Тл, а также индукция при напряженности поля 2500 А/м; при цифре 2 – величина удельных магнитных потерь при частоте тока от 200 Гц и индукции 0,75, 1 и 1,5 Тл; при цифре 6 – величина индукции в слабых полях при напряженности поля 0,4 А/м; при цифре 7 – величина индукции в сильных полях при напряженности поля 10 А/м; – цифра 8 характеризует релейные стали (для релейных сталей четвертая и пятая цифры задают величину их характеристики). 4. Последние две цифры отображают количественное значение характеристики из третьего пункта

Марки электротехнической стали

Сталь электротехническая сернистая [4]:

1211, 1212, 1213, 1311, 1312, 1313, 1411, 1412, 1413, 1511, 1512, 1513, 1514, 1521, 1561, 1562, 1571, 1572, 2011, 2012, 2013, 2111, 2112, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2311, 2312, 2411, 2412, 2413, 2414, 2421, 3311, 3404, 3405, 3406, 3407, 3408, 3409, 3411, 3412, 3413, 3414, 3415, 3416, 3421, 3422, 3423, 3424, 3425.

Сталь электротехническая нелегированная:

10832, 10848, 10850, 10860, 10864, 10880, 10895, 11832, 11848, 11850, 11860, 11864, 11880, 11895, 20832, 20848, 20850, 20860, 20864, 20880, 20895, 21832, 21848, 21850, 21860, 21864, 21880, 21895.

В табл. 1 представлено применение некоторых марок электротехнической стали [5].

Таблица 1

Применение некоторых марок электротехнической стали

Марка стали	Назначение
1211, 1212, 1213, 22110	Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов. Пластичность высокая
1311, 1312	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт. Пластичность хорошая
1411, 1412, 2411	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью 400–1000 кВт, маломощных силовых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты. Пластичность удовлетворительная

Заключение

Начиная с 1889 г. проводились опыты по изготовлению сплава железа с кремнием. Дальнейшие исследования показали, что полученный сплав имеет улучшенные магнитные характеристики по отношению к низкоуглеродистой стали. И уже в 1905 г. была выпущена первая промышленная партия электротехнической стали с добавками кремния.

Электротехническая сталь является отличным материалом для магнитопроводов в составе электрических аппаратов, ее использование приводит к повышению удельного электрического сопротивления и, как следствие, к уменьшению потерь мощности от вихревых токов, снижению нагрева стали. Вторая весомая причина использования электротехнической стали – являющееся процессом циклического перемагничивания петля гистерезиса. Если сузить данную петлю, уменьшив ее площадь, можно снизить потери на перемагничивание.

Библиографический список

1. Стародубцев Ю. Н. Электротехническая сталь в России // Электричество. 1991. № 1. С. 82–84.
2. Шрамков Е. Г. Производство электротехнического листового железа в России // Техно-экономический вестник. 1921. № 2. С. 43–45.
3. Рынок электротехнических сталей. URL: <https://www.metalbulletin.ru/a/98> (дата обращения: 19.10.2020).
4. Электротехнические стали. Марки, свойства и области применения. URL: <https://extxe.com/21103/jelektrotehicheskie-stali-marki-svojstva-i-oblasti-primenenija/> (дата обращения: 20.11.2020).
5. Электротехническая сталь (трансформаторная) – свойства и применение. URL: <https://xlom.ru/spravochnik/elektrotehnicheskaya-stal-transformatornaya-svojstva-i-primenenie> (дата обращения: 06.12.2020).

УДК 621.315.2; 621.313.532

В. Д. Богданов, Р. А. Бурдин, А. У. Давудян, А. Ю. Комендантов

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

БЕСКОНТАКТНАЯ ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ПОДВОДНОГО РОБОТА

Введение

В последние годы благодаря развитию микроэлектроники подводные роботы стали все более массово использоваться по всему миру. Это связано с их высокой маневренностью, компактностью, дешевизной по сравнению с обитаемой глубоководной техникой, простотой эксплуатации, высокой производительностью, способностью использоваться автономно от обеспечивающего судна без риска для экипажа. Энергетика данных аппаратов основана на использовании литий-ионных аккумуляторных батарей, обладающих высокой энергоемкостью, которые требуется постоянно подзаряжать, извлекая подводный робот из воды, что соответственно уменьшает его автономность и накладывает ограничения на использовании подводного робота в условиях сложной ледовой обстановки.

Повышение оперативности процесса заряда аккумуляторной батареи подводного робота со значительным расширением функциональных возможностей достигается при выполнении зарядки батарей с использованием бесконтактного способа передачи электроэнергии. В основе данного способа лежит принцип электромагнитной индукции.

Основные элементы системы передачи электроэнергии на подводный робот бесконтактным способом

Обобщенная схема устройства изображена на рис. 1.

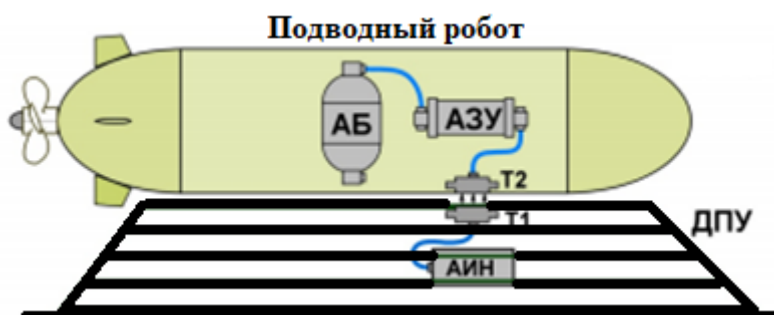


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема системы передачи
электроэнергии на подводный аппарат

Основными элементами данной системы являются: аккумуляторная батарея, автоматическое зарядное устройство, высокочастотный трансформатор с разделенными первичной и вторичной обмотками (рис. 2) и автономный инвертор напряжения [1].

Данный способ подводной зарядки аккумуляторной батареи подводного робота осуществляется с помощью использования вторичной обмотки трансформатора, которую помещают в средней части подводного робота. Вторичная обмотка может располагаться либо на судне-носителе, либо в донном причальном устройстве [2].

Следует отметить, что повышение рабочей частоты трансформатора позволяет при прочих равных условиях существенно уменьшить массу и его габариты. Расчет площади поперечного сечения активного железа трансформатора зависит от величины прикладываемого напряжения $U_{вх.тр.}$, количества витков в первичной обмотки w_1 , величины электромагнитной индукции в сердечнике B_{ac} , частоты напряжения f_k и коэффициентом формы тока k , который при не синусоидальности равен 4:

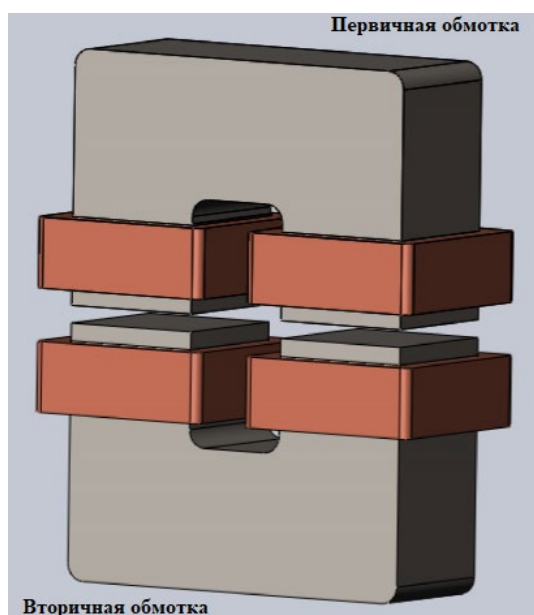


Рис. 2. 3D-модель трансформатора с разделенными первичной и вторичной обмотками, построенная в программной среде SolidWorks

$$S_{ст.р.} = \frac{U_{вх.тр.}}{k * w_1 * B_{ac} * f_{k_VT}}$$

Следовательно, чем выше рабочая частота трансформатора, тем меньше материала необходимо затратить на его изготовление, но не все материалы обладают высокой эффективностью на высоких частотах. В качестве материала активного железа трансформатора целесообразно использовать наноструктурированную сталь ГАММАМЕТ «ГМ412В» из-за ее низких удельных потерь и возможности работать на высоких частотах. Типичные физические свойства магнитопровода «ГМ412В» приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физические свойства магнитопровода «ГМ412В»

Магнитная индукция, Тл	1,17
Коэффициент прямоугольности	0,07
Коэрцитивная сила, А/м	1,2
Начальная относительная магнитная проницаемость	30000
Максимальная относительная магнитная проницаемость	45000
Магнитострикция насыщения	1,5*10-6
Температура Кюри, С	610
Температура кристаллизации, С	530
Плотность, кг/м3	7400
Удельное электросопротивление, Ом*м	1,25*10-6

Магнитопроводы ГАММАМЕТ 412В изготавливаются из ленты магнитомягкого нанокристаллического сплава на основе железа с номинальной толщиной 25 мкм, которую получают методом сверхскоростной закалки расплава. Магнитопроводы проходят термическую обработку и готовы к применению в силовых полях на частоте до 200 кГц.

Для минимизации потерь из-за вихревых токов, которые возникают при изменении магнитного потока (перемагничивании) в магнитопроводе, сердечник трансформатора изготавливается шихтованным, то есть набран из множества изолированных друг от друга листов.

Средняя часть подводного робота с первичной обмоткой совмещается за счет системы управления робот с вторичной обмоткой и в результате соприкосновения поверхностей выполняется зарядка аккумуляторной батареи подводного робота [3].

Данная система энергоснабжения позволяет в автоматическом режиме заряжать аккумуляторные батареи подводного робота под водой без подъема самого робота на борт судна-носителя. Необходимо отметить, что при бесконтактном способе передачи энергии возможно использование подводного робота в режиме его длительного подводного базирования с зарядкой аккумуляторной батареи от донного причального устройства [4].

Для осуществления максимальной передачи электроэнергии первичная и вторичная части обмоток трансформатора должны находиться на одной оси и располагаться на минимальном расстоянии друг относительно друга. Смещение между частями трансформатора, которое способно произойти при их стыковке, определенно снизит эффективность процесса передачи, что, конечно, приведет к увеличению времени заряда аккумуляторных батарей подводного робота. Работоспособность системы в целом останется прежней, если напряжение на вторичной обмотке трансформатора будет превышать напряжение аккумуляторной батареи.

Автономный инвертор напряжения выполняет преобразование входного напряжения постоянного тока в переменное выходное высокочастотное напряжение прямоугольной формы, которое подключено к первичной обмотке трансформатора. Схема автономного инвертора напряжения изображена на общей принципиальной схеме зарядки аккумуляторной батареи подводного робота (рис. 3).

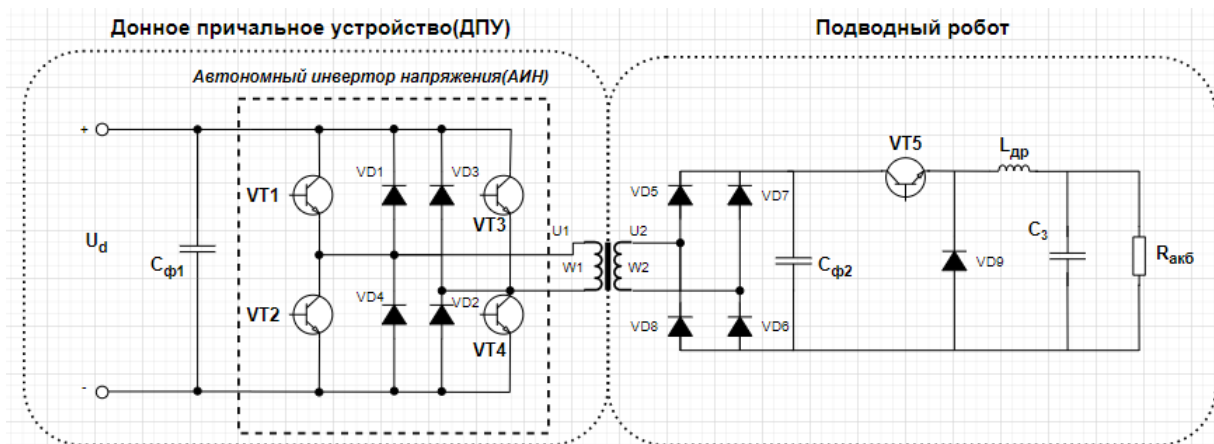


Рис. 3. Принципиальная схема зарядки аккумуляторной батареи подводного робота

Для выбора элементной базы мостового однофазного инвертора необходимо принять, что рабочий диапазон напряжений ДПУ (донного причального устройства) от 300 до 200 В, рабочий ток от 5 до 30 А. Рабочая частота транзисторов – 85 кГц, что позволяет существенно уменьшить массогабаритные показатели всего устройства в целом. В табл. 2 приведены основные транзисторы (с двойным запасом по напряжению), которые целесообразно использовать в данном инверторе напряжения согласно указанным выше параметрам.

Таблица 2

Параметры мощных полевых отечественных транзисторов

Тип вентиля/ параметры	Uс-и.max, В	IcN, А	$\Delta U_{с-и}$, В	Pmax, Вт	tсн, нс	tвкл, нс	tрасс, мкс
КП946А	500	15	0,7	40	55	80	0,7
КП953А	800	15	0,45	50	150	150	2,0
КП953Г	600	15	0,45	50	150	150	2,0

Такие полевые транзисторы могут работать на частотах от 50 до 70 МГц, обладают необходимыми выходными характеристиками и могут быть использованы в рассматриваемом инверторе напряжения для зарядки аккумуляторной батареи подводного робота.

При совмещении контактных поверхностей первичной и вторичной частей трансформатора возникает магнитная связь между его обмотками и осуществляется трансформация напряжения во вторичную обмотку трансформатора. Вторичная обмотка подключена к входу автоматического зарядного устройства, которое выполняет необходимые преобразования электроэнергии в соответствии с требуемым алгоритмом зарядки аккумуляторной батареи. Первичная и вторичная части высокочастотного трансформатора представляют собой отдельные прочные герметичные оболочки, в которые помещены его обмотки, при этом первичная часть высокочастотного трансформатора является передающей и устанавливается на донном причальном устройстве, а вторичная часть – приемной и размещается на подводного робота (рис. 1) [5].

Оболочки имеют контактную стенку, которая сделана из определенного изоляционного материала, а для передачи энергии необходимо, чтобы оси обмоток совпадали, и торцы были на минимальном расстоянии. За счет немагнитного зазора между обмотками равного суммарной толщине контактных стенок первичной и вторичной частей трансформатор имеет пониженное значение коэффициента магнитной связи k_M :

$$k_M = \frac{M}{\sqrt{L_1 * L_2}}.$$

Этот коэффициент определяется взаимной индуктивностью M между обмотками высокочастотного трансформатора, и индуктивностям первичной L_1 и вторичной L_2 обмоток трансформатора.

Пониженное значение коэффициента магнитной связи вызывает увеличение значения намагничивающей составляющей входного тока трансформатора, что в конечном итоге приводит к значительному уменьшению коэффициента можно автономного инвертора напряжения и, соответственно, увеличению выходного тока инвертора при передаче активной мощности.

В связи с этим выходной ток автономного инвертора напряжения увеличивается в несколько раз, что приводит к необходимости выбора транзисторов и диодов автономного инвертора напряжения с увеличенным запасом по току. Это обстоятельство приводит к повышению потерь мощности в данных элементах схемы инвертора, увеличению массогабаритных показателей и стоимости оборудования в целом. Также необходимо отметить, что вследствие дополнительных потерь мощности ухудшается отвод тепла. Данная проблема решается путем использования параллельной резонансной цепи на первичной стороне трансформатора и резонансного конденсатора на его вторичной стороне. В результате применения данного решения существенно увеличиваются качественные показатели системы, и повышается эффективность системы бесконтактной зарядки подводного робота.

Заключение

Данный способ зарядки аккумуляторной батареи подводного робота обеспечивает проведение операции заряда аккумуляторной батареи без вскрытия корпуса робота и его подъема на судно, то есть подводный робот во время зарядки находится на глубине, что позволяет избежать обнаружения, является самым эффективным с точки зрения качества передачи энергии и массогабаритных показателей. Благодаря этому способу зарядки подводного робота возможна передача электроэнергии мощностью от нескольких ватт до десятков киловатт. Одним из главных достоинств способа является возможность отклонения от осей соприкосновения магнитопроводов без потери передаваемой мощности. Это позволяет избежать длительной процедуры центровки подводного робота с судном-носителем или донным причальным устройством. Подобная технология в целом может быть использована как в гражданском, так и в военном судостроении.

Библиографический список

1. Бесконтактное зарядное устройство. URL: <https://npcses.ru/news/бесконтактное-зарядное-устройство/> (дата обращения: 09.01.2021).

2. Обеспечение передачи заданной мощности в системе бесконтактного заряда аккумуляторных батарей подводного аппарата. URL: <https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/30580/48-58.pdf?sequence=1> (дата обращения: 29.12.2020).

3. Устройство для зарядки аккумуляторной батареи подводного объекта. URL: <https://findpatent.ru/patent/240/2401496.html> (дата обращения: 11.01.2021).

4. Способ подводной подзарядки подводного автономного аппарата. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2577880C1_20160320 (дата обращения: 12.01.2021).

5. Донные причальные устройства для автономных необитаемых подводных аппаратов. URL: <http://pstmprint.ru/wp-content/uploads/2016/04/dt-1-2011-3.pdf> (дата обращения: 17.01.2021).

УДК 621.333

В. Д. Богданов, Р. А. Бурдин, А. У. Давудян, А. Ю. Комендантов

магистранты кафедры электромеханики и робототехники

А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ И АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Введение

Электрическая двигательная установка для судового электропривода должна иметь мощный электродвигатель, обеспечивающий нагрузочные характеристики, которые могут дать большой крутящий момент на низкой скорости.

Электрические машины, установленные на судах, испытывают воздействие атмосферы с высокой влажностью, а также достаточно высокой температуры окружающей среды. Кроме того, электрические машины, как всякое другое оборудование, установленное на судах, находятся под воздействием вибрации, тряски, качки, кренов и дифферента, а иногда и ударных сотрясений.

Судовые электрические машины наряду с надлежащими рабочими характеристиками должны обладать высокой надежностью в работе, минимально возможными массой, габаритами и стоимостью, максимально возможным КПД, создавать минимальный шум и незначительные помехи радиоприему.

Требование минимальных габаритов машин объясняется необходимостью получения максимально возможных площадей на судне для размещения основного груза, который ему предназначено перевозить.

Для дальнейшего проведения сравнительной характеристики необходимо понимание принципов работы, а также достоинств и недостатков асинхронного двигателя (АД) и вентильно-индукторного двигателя (ВИД).

Асинхронный двигатель

Устройство и принцип действия

Само слово «асинхронный» – означает неодновременный или не совпадающий по времени. У таких двигателей частота вращения ротора отстает от частоты вращения электромагнитного поля статора.

Асинхронные электрические двигатели бывают двух видов – с фазным ротором и короткозамкнутым ротором. Фазный ротор отличается от короткозамкнутого наличием в его конструкции специальной обмотки с выводом на контактные кольца.

Принцип работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором достаточно прост: электрический ток, подаваемый на обмотки статора, образует вращающееся электромагнитное поле, при вращении которого в статоре образуется собственный электрический ток и электромагнитное поле. Взаимодействие двух этих полей приводят во вращение ротор машины.

Асинхронный двигатель с фазным ротором не будет рассмотрен ввиду его редкого использования в качестве судового электропривода.

Достоинства и недостатки

Достоинства:

- достаточно простое в изготовлении устройство и, как следствие, имеющее меньшую стоимость по сравнению с другими электродвигателями;
- скорость вращения вала практически не изменяется с увеличением нагрузки;
- хорошая переносимость кратковременных перегрузок;
- возможность подключения трехфазного двигателя в однофазную сеть;
- надежность и возможность эксплуатации практически в любых условиях;
- наличие высокого показателя КПД и коэффициента мощности.

Недостатки:

- невозможно контроля частоты вращения ротора без потери мощности;
- увеличение нагрузки способствует уменьшению момента;
- маленький пусковой момент по сравнению с другими электродвигателями;
- недогрузка способствует увеличению коэффициента мощности;
- высокое значение пускового тока [1].

Вентильно-индукторный двигатель***Устройство и принцип действия***

Вентильно-индукторный двигатель – это относительно новый тип электромеханического преобразователя энергии, который сочетает в себе свойства и электрической машины, и интегрированной системы регулируемого электропривода. Как и всякий электродвигатель, он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую, передаваемую в нагрузку. Как система регулируемого электропривода, ВИД дает возможность осуществлять управление этим процессом в соответствии с особенностями конкретной нагрузки: регулировать частоту вращения, момент, мощность и т. д.

ВИД представляет собой достаточно сложную электромехатронную систему, в состав которой входят индукторная машина (ИМ), преобразователь частоты и система управления и датчик положения ротора (ДПР). Функциональное назначение этих элементов ВИД очевидно: преобразователь частоты обеспечивает питание фаз ИМ однополярными импульсами напряжения прямоугольной формы; ИМ осуществляет электромеханическое преобразование энергии, система управления в соответствии с заложенным в нее алгоритмом и сигналами обратной связи, поступающими от датчика положения ротора, управляет данным процессом.

Двигатель состоит из неподвижного статора, на зубцах которого расположена сосредоточенная обмотка, и подвижного зубчатого ротора. Пакеты статора и ротора набраны из листов электротехнической стали. Обмотка состоит из концентрических катушек, соединенных в группы. Каждая фаза двигателя питается от полумостового инвертора.

В основе принципа действия ВИД лежит изменение индуктивности обмотки в зависимости от углового положения ротора относительно статора. Инвертор фазы ВИД классического исполнения строят по так называемой полумостовой схеме. Такая конфигурация силовой части обеспечивает все требуемые режимы.

Достоинства и недостатки*Достоинства:*

- сохранение высокого значения КПД двигателя, близкого к номинальному;
- меньшие пульсации электромагнитного момента;
- точность управления моментом, возможность регулирования частоты вращения в широком диапазоне, более качественный плавный пуск;
- простота конструкции магнитопроводов статора, ротора и катушечных обмоток двигателя, не имеющих пересекающихся лобовых частей, обеспечивает высокую технологичность при изготовлении, повышенные надежность и низкое количество отказов, долговечность и ремонтопригодность;
- ротор не имеет обмоток, потери в стали ротора незначительны, поэтому от него не требуется отвода тепла;
- каждая секция может рассматриваться как независимая обмотка;
- секционирование статорной обмотки двигателя существенно повышает надежность электропривода, так как при выходе из строя одного силового канала остальные остаются в рабочем состоянии.

Недостатки:

- сложное управление (работа возможно только с преобразователем частоты);
- высокий уровень шумов и вибраций;
- высокая стоимость [2].

Сравнительная оценка массогабаритных характеристик

На основе технического задания были спроектированы два типа электродвигателей: асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и вентильно-индукторный двигатель. Техническое задание представлено в табл. 1.

Таблица 1

Техническое задание на проектирование

Номинальная мощность, $P_{ном}$	5000 Вт
Номинальная частота вращения, $n_{ном}$	500 об/мин
Внешний диаметр статора, D_c	250 мм

Для объективной оценки массогабаритных характеристик будет проведен расчет только активных частей электродвигателей. В обоих случаях будет использована высоколегированная горячекатаная изотропная сталь 1513 плотностью $\gamma_c = 7550 \text{ кг/м}^3$ [3].

Основные расчетные соотношения для асинхронного двигателя

Масса ярма статора:

$$m_{яc} = \pi * (D_c - h_{яc}) * h_{яc} * l_{ст1} * k_c * \gamma_c \approx 13 \text{ кг},$$

где $h_{яc}$ – высота ярма статора; $l_{ст1}$ – длина сердечника статора; k_c – коэффициент заполнения сердечника сталью.

Масса зубцов статора:

$$m_{зс} = h_{зс} * b_{зср} * Z_c * l_{ст1} * k_c * \gamma_c \approx 6 \text{ кг},$$

где $h_{зс}$ – высота зубцов статора; $b_{зср}$ – средняя ширина зубцов статора; Z_c – число зубцов статора.

Масса ярма ротора:

$$m_{яр} = \pi * (D_p + h_{яр}) * h_{яр} * l_{ст2} * k_c * \gamma_c \approx 7 \text{ кг},$$

где D_p – внешний диаметр ротора; $h_{яр}$ – высота ярма ротора; $l_{ст2}$ – длина сердечника ротора.

Масса зубцов ротора:

$$m_{зр} = h_{зр} * b_{зрр} * Z_p * l_{ст2} * k_c * \gamma_c \approx 3 \text{ кг},$$

где $h_{зр}$ – высота зубцов ротора; $b_{зрр}$ – средняя ширина зубцов ротора; Z_p – число зубцов ротора.

Пользуясь таблицей содержания меди в типовых асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором по мощности и скорости вращения, было установлено, что в среднем для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором мощностью 5000 Вт и скоростью вращения 500 об./мин. среднее содержание меди в районе 4–5 кг [4].

Суммарная масса активных частей:

$$m_{акт} = m_{яc} + m_{зс} + m_{яр} + m_{зр} + m_{Си} \approx 34 \text{ кг}$$

Основные расчетные соотношения для вентильно-индукторного двигателя [2]

Масса меди:

$$m_{Си} = \gamma_{Cu} * S_{K_max} * k_{зм} * L_{ВИТ_ср} * Z_c \approx 13 \text{ кг},$$

где S_{K_max} – максимальная площадь катушки; $k_{зм}$ – коэффициент заполнения медью; Z_c – число зубцов статора; γ_{Cu} – плотность меди равная 8900 кг/м^3 , $L_{ВИТ_ср}$ – средняя длина витка катушки.

Масса зубцов статора:

$$m_{зс} = \gamma_c * h_{зс} * b_{зс} * Z_c * l_{ст1} * k_c \approx 12 \text{ кг}$$

Масса ярма статора:

$$m_{яр} = y_c * \pi * (D_c - h_{яс}) * h_{яс} * l_{ст1} * k_c \approx 14,5 \text{ кг}$$

Масса зубцов ротора:

$$m_{зр} = y_c * h_{эр} * b_{зр} * Z_p * l_{ст2} * k_c \approx 2,5 \text{ кг}$$

Масса ярма ротора:

$$m_{яр} = y_c * \pi * (D_p - h_{яр}) * h_{яр} * l_{ст2} * k_c \approx 8 \text{ кг}$$

Суммарная масса активных частей:

$$m_{акт} = m_{яс} + m_{зс} + m_{яр} + m_{зр} + m_{Си} \approx 50 \text{ кг}$$

Основные показатели спроектированного вентильно-индукторного двигателя и асинхронного двигателя представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение основных показателей ВИД и АД

Основные показатели	ВИД	АД
Номинальная мощность, $P_{ном}$	5000 Вт	5000 Вт
Номинальная частота вращения, $n_{ном}$	500 об./мин.	500 об./мин.
Внешний диаметр статора, D_c	250 мм	250 мм
Внешний диаметр ротора, D_p	130 мм	117 мм
Длина сердечника, l_δ	200 мм	234 мм
Воздушный зазор, δ	1 мм	1 мм
КПД, η	0,9	0,8
Номинальный момент, М	95 Н·м	88 Н·м
Суммарная масса активных частей, $m_{акт}$	50 кг	34 кг

Спроектированный ВИД имеет меньшую длину магнитопровода, чем АД, и более высокое значение КПД. ВИД отличается от АД отсутствием электрических потерь в роторе, простотой и технологичностью конструкции. Все это дает основание предполагать, что спроектированный двигатель обладает высокими технико-энергетическими показателями и может составить серьезную конкуренцию АД при выборе электродвигателя для системы регулируемого электропривода.

Но при всех обозначенных выше преимуществах при проектировании ВИД всплывает одна из его главных проблем – более высокая масса в сравнении с аналогичными приводами. Данная проблема возникает из-за плохого использования меди на катушках ВИД. Для высокоэффективной работы катушек в каждой фазы нужно большое количество меди, необходимой для получения высокой намагничивающей силы.

Заключение

Все возрастающий интерес, проявляемый к тематике ВИД со стороны специалистов, а также заинтересованность ведущих электротехнических компаний мира в промышленном освоении этого типа двигателей ставит задачу разработки расчетных методик ВИД в разряд актуальных.

Выполнение проекта ВИД является весьма непростой задачей даже для опытных специалистов. Проектирование, как правило, проходит в несколько этапов, на каждом из которых приходится искать компромисс между точностью применяемой методики и ее трудоемкостью. Поэтому желательно иметь на вооружении несколько расчетных методик, различающихся по точности и вычислительным затратам [5].

Библиографический список

1. Мартынов А. А. Электрический привод: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2013. 429 с.
2. Фисенко В. Г. Проектирование вентильно-индукторных двигателей: учеб. пособие, 2014. 56 с.
3. Содержание меди в асинхронных электродвигателях. URL: <https://elektro-dvigateli.ru/informaciya-o-elektrodvigatelyax/soderzhanie-medi-v-elektrodvigatele.html> (дата обращения: 04.12.2020).
4. Копылов И. П., Клоков Б. К., Морозкин В. П. Проектирование электрических машин. 2005. 767 с.
5. Вольдек А. И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1978. 832 с.

УДК 621.3

А. А. Большаков

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСТОЧНИКА НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

С целью совершенствования долгосрочного регулирования электроэнергетического комплекса Правительством Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р разработана «Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации», которая включает в себя план перехода к инновационному развитию и формированию инфраструктуры новой экономики [1]. Основной целью программы является общее повышение энергоэффективности в отраслях электроэнергетического комплекса. В настоящее время в рамках данной программы производится обновление отраслей электроэнергетического комплекса за счет отечественных технологий, материалов и оборудования. Такое обновление может быть достигнуто только путем активного взаимодействия топливно-энергетического комплекса и промышленности.

Следует отметить, что кроме обновления отраслей электроэнергетического комплекса данная программа предусматривает также постепенный переход к энергетике будущего с использованием принципиально новых технологических возможностей дальнейшего развития. Такому переходу, несомненно, способствовала программа «Цифровая экономика Российской Федерации», принятая в 2017 г. [2]. Этой программой были заложены пути повышения не только эффективности традиционной энергетической системы, но и возможные пути привлечения в энергетический обмен различных видов распределенной генерации. Различные устройства и комплексы с регулируемым потреблением, построенные на базе современных технологий, также способствуют повышению эффективности энергосистемы в целом.

Повышение эффективности функционирования секторов электроэнергетики возможно при изменении структурных и технологических особенностей построения энергетических систем.

Основное назначение теплоэлектроэнергетики состоит в своевременном и качественном снабжении потребителей электро- и теплоэнергией в объеме, необходимом для нормального функционирования объектов жизнеобеспечения. Однако возникают ситуации, при которых потребителю требуется иной вид энергии – холод. Такие ситуации могут возникать при соблюдении норм определенных технологических процессов, поддержании определенного температурного режима при производстве и хранении продукции. Немало важная роль при этом отводится непосредственно потребителю. Учитывая климатические особенности РФ, в зимние месяцы для поддержания комфортных условий потребителями массового используются обогреватели, а в летние месяцы – кондиционеры. Естественно, в эти промежутки времени значительно возрастает нагрузка на электрические сети, что может привести к веерному отключению потребителей.

Совокупность этих факторов обуславливает особый интерес к вопросу тригенерации, которая представляет собой комбинированное производство электроэнергии, тепла и холода.

Главным достоинством тригенерационной установки является возможность ее использования в течение круглого года. При этом утилизированное тепло может быть направлено на отопительные нужды в зимнее время, а в летнее время – на кондиционирование помещений и обеспечения технологических процессов.

В период неотапливаемого сезона ТЭЦ стараются перейти в режим тепловой экономии, направленной на модернизацию существующего оборудования, и в этом случае на любой ТЭЦ возникают избытки тепла, следовательно, процесс тригенерации может играть существенную роль. Часть избыточного тепла, вырабатываемого ТЭЦ, может быть направлена в абсорбционную холодильную машину (АБХМ), в которой происходит охлаждение воды. Охлажденная, таким образом, вода может быть использована в системе кондиционирования. Но не только системами кондиционирования ограничивается процесс тригенерации. Многие производственные компании, предприятия общественного питания, фермерские хозяйства в летний период остро нуждаются в охлажденной воде.

Что дает тригенерация? Во-первых, экономию электроэнергии – использование процесса тригенерации, по оценкам экспертов, позволяет экономить до 70 % электроэнергии, которая необходима для функционирования систем принудительного охлаждения [3].

Тригенерация представляет собой процесс, в котором часть тепловой энергии, вырабатываемой при работе газопоршневой установки, используется для генерации холода, который применяется для технологических нужд предприятия и для кондиционирования помещений.

В настоящее время наиболее распространенным является процесс когенерации, то есть одновременная выработка электрической и тепловой энергии. Большинство ТЭЦ, расположенных на территории РФ, работают именно по этому принципу [4].

Принцип работы тригенерации поясняет рис. 1. В процессе электрогенерации механическая энергия, образованная в процессе сжигания топлива, поступает через единый вал на генераторы, которые преобразуют ее в электрическую энергию. Совместное производство электро- и теплотенергии образует процесс когенерации. Основными источниками для производства электроэнергии являются уголь и природный газ, а для производства тепловой энергии источником, как правило, является нагретая в теплообменнике вода. Присоединение к этим двум процессам АБХМ позволяет дополнительно получать и охлажденную воду (тригенерация).

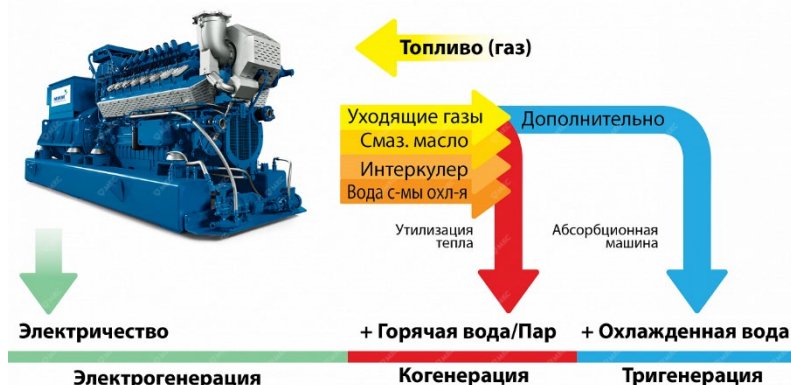


Рис. 1. Принцип работы тригенерации

Используемые в настоящее время АБХМ, как правило, одноступенчатые, поскольку их функционирование не требует применения перегретого пара высокого давления или различных видов горючего топлива. Устройство одноступенчатой АБХМ представлено на рис. 2.

АБХМ представляет собой параконденсаторную холодильную установку, в которой испарение хладагента (как правило, вода) происходит за счет его поглощения абсорбентом [5].

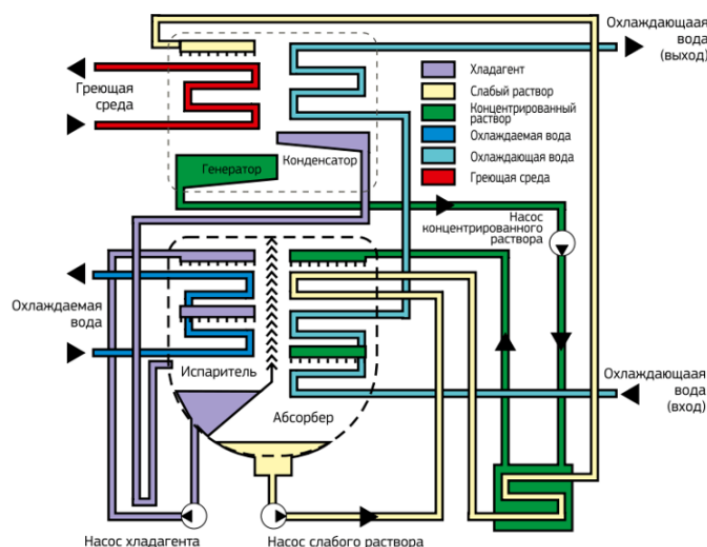


Рис. 2. Устройство одноступенчатой АБХМ

Хладагент в одноступенчатых АБХМ последовательно проходит через четыре основных компонента машины: испаритель, абсорбер, десорбер и конденсатор. Все перемещения хладагента сопровождаются изменением его давления и температуры.

Эффективность работы АБХМ характеризуется холодильным коэффициентом COP (*coefficient of performance*), то есть отношением холодопроизводительности машины к потребляемой тепловой мощности [5]. Для одноступенчатых АБХМ данный показатель составляет порядка 0,6–0,8 – следовательно, КПД достаточно невысок. При использовании двухступенчатых АБХМ этот коэффициент повышается и может достигать 1,2–1,4. Такое повышение возможно благодаря использованию в двухступенчатых АБХМ двух конденсаторов или двух абсорберов для обеспечения более эффективного выделения хладагента при снижении затрат тепловой энергии.

Несомненно, процесс тригенерации обладает рядом преимуществ. К ним можно отнести следующие:

- для получения охлажденной воды используется избыточное тепло, что способствует экономии энергоресурсов;
- с экологической точки зрения оптимизация потребления энергоресурсов является очень актуальной задачей. Использование тригенерации позволяет максимально сократить выбросы вредных веществ в атмосферу. Более того, в качестве хладагентов выступает вода, что исключает использование различного вида химикатов, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду;
- с точки зрения энергосбережения применение тригенерации приводит к снижению потерь по сравнению с производством одного или двух видов энергии;
- при эксплуатации АБХМ затраты на ее обслуживание минимальны;
- функциональные узлы АБХМ работают практически бесшумно.

Однако можно выделить и недостатки:

- относительно большие массогабаритные размеры, что требует дополнительных производственных площадей;
- относительно высокая цена АБХМ.

В настоящее время в Японии ведутся разработки по подключению к тригенерации 4-го элемента – солнечных батарей. Таким образом, в процесс вовлекаются возобновляемые источники электроэнергии, что будет способствовать не только энергосбережению, но и существенному снижению вредного воздействия на окружающую среду.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013 N 511-р (ред. от 29.11.2017) «Об утверждении Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144676/ (дата обращения: 20.02.2021).
2. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 N 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756/ (дата обращения: 20.02.2021).
3. Тригенерация: тепло, электричество и холод от одного электрогенератора. URL: <https://ecoteco.ru/library/magazine/2/technologies/trigeneraciya-teplo-elektrichestvo-i-holod-ot-odnogo-energogeneratora/> (дата обращения: 08.02.2021).
4. Что такое тригенерация? URL: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/gl/proizv22/trigen_ustv.htm (дата обращения: 08.02.2021).
5. Абсорбционные холодильные машины. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3873 (дата обращения: 21.02.2021).

УДК 621.313

В. Н. Борзяев

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. А. Сериков – доктор технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

В настоящее время развивается тенденция все более широкого использования мобильных роботов, то есть роботов, способных самостоятельно передвигаться и перемещаться в пространстве, в разных областях человеческой деятельности. Выделяют три больших класса мобильных роботов: наземные, воздушные и морские [1]. Мобильные роботы, также называемые *локомоционными* роботами [2], являются эффективными автоматическими транспортными средствами. Для обеспечения возможности передвижения мобильных роботов их оснащают разного рода двигателями, которые могут существенно отличаться по достаточно большому числу характеристик, в том числе по развиваемой мощности и конструкционному исполнению. Современные мобильные роботы могут доставлять материалы и технологическое оборудование к местам проведения работ, способны действовать в условиях и ситуациях, когда работа человека невозможна или нежелательна по тем или иным причинам (инспекционные и аварийные мероприятия и т. д.). Обычно мобильные роботы перемещаются с помощью колес или гусениц, реже с использованием специальных ног или других конструктивных решений.

Очевидно, что для современных мобильных роботов разного размера и назначения необходимы различные электроприводы, что делает высоко актуальной проблему разработки современных электроприводов, которые должны быть экономичными, надежными, удобными в эксплуатации, экологичными, оптимальными по мощности, энергопотреблению и другим характеристикам.

Структура электропривода включает в себя не только электродвигатель, как важнейший элемент системы, но ряд таких не менее важных для оптимальной работы электропривода элементов, как механическую трансмиссию, систему управления и, в некоторых случаях, систему электропитания – тяговую аккумуляторную батарею и DC/DC-преобразователь, систему рекуперации энергии [3].

В настоящее время по ряду причин, среди которых можно отметить и причины, связанные с защитой окружающей среды, все более востребованы становятся электродвигатели. В работах [3]–[7] рассматривается актуальная задача формирования современных подходов и принципов построения, проектирования и разработки тяговых электроприводов/тяговых электродвигателей (далее – ТЭД). В качестве тягового электропривода мобильного робота, передвигающегося с использованием колес, может использоваться обратимая электрическая машина, получающая энергию от тяговой аккумуляторной батареи. При торможении мобильного робота обратимая электрическая машина, работающая в генераторном режиме, может создавать необходимый тормозной момент на колесах, обеспечивая рекуперацию кинетической и потенциальной энергии мобильного робота. Уравнение динамики передвигающегося с помощью колес мобильного робота на электропитании можно получить, опираясь на принцип Даламбера, утверждающий, что при движении несвободной механической системы активные силы, силы реакции и фиктивные силы инерции в любой момент времени находятся в равновесии.

Главное отличие ТЭД от стационарных электродвигателей большой мощности состоит в условиях монтажа двигателей, ограниченном пространстве для размещения ТЭД. Поэтому при разработке ТЭД следует учитывать специфику, связанную с размещением ТЭД, например: ограничения длиной и диаметром, использование многогранных станин, специальных устройств для крепления ТЭД и т. д. ТЭД мотор-колес автомобилей, транспортных средств городского и железнодорожного типа эксплуатируются в сложных климатических условиях, характеризующихся температурными перепадами, повышенной влажностью и запыленностью. Важное отличие ТЭД от электродвигателей общего пользования – работа в разнообразных режимах, сопровождающихся широким изменением частоты вращения ротора и нагрузки по току. Для быстрой разработки тягового электро-

привода мобильных роботов разной мощности целесообразно разработать математические модели тягового электропривода мобильного робота. Анализ публикаций [4], [6] показал, что за прошедшие пять лет было опубликовано достаточно большое число работ отечественных и иностранных ученых, посвященных математическому моделированию тяговых электроприводов, достаточно часто рассматривается в качестве тягового электропривода использование вентильного двигателя (ВД), в том числе вентильного двигателя (ВЭД). Последний представляет собой систему регулируемого электропривода, состоящую из электродвигателя переменного тока, конструктивно подобного синхронной машине, вентильного преобразователя и устройства управления, обеспечивающих коммутацию цепей обмоток статора в зависимости от углового положения ротора. При этом наибольшее распространение получили ВЭД на основе синхронного двигателя с возбуждением от расположенных на роторе постоянных магнитов. Целесообразность использования ВЭД объясняется рядом конструктивных и эксплуатационных преимуществ, среди которых следует отметить отсутствие узлов, требующих обслуживания, оптимальные энергетические показатели так как отсутствуют потери на возбуждение. У ВЭД большой срок службы, поскольку реализуема простая система «охлаждения из-за отсутствия на роторе нагреваемых током нагрузки обмоток» [3], более высокая надежность в сравнении с двигателями других типов, лучше массогабаритные характеристики, решение получается более дешевым. Несмотря на наличие имеющихся математических моделей, в том числе представленной в работе модели тягового электропривода на основе ВЭД [3], актуальной остается проблема разработки новых и совершенствования имеющихся математических моделей тягового электропривода мобильных роботов с учетом широкого спектра конструктивных решений мобильных роботов [2] и особенностей выполняемых ими задач.

Для решения задач, связанных с повышением надежности и ресурса электроприводов мобильных роботов, первоначально планировалось использовать математическую модель [8] (достаточно хорошо показавшую себя для ТЭД тепловоза типа ЭДУ-133 [8]), в которой в качестве объекта регулирования рассматривается ТЭД, а в качестве контролируемой величины – ток двигателя мобильного робота. В [8] дифференциальное уравнение динамического состояния ТЭД представлено в виде:

$$u = i(R_1 + R_2 + R_3) + (L_1 + L_2 + L_3)di/dt + E, \quad (1)$$

где u – мгновенное значение выпрямленного напряжения; i – мгновенное значение тока двигателя; активное сопротивление цепи ТЭД: R_1 – якоря, R_2 – обмотки возбуждения, R_3 – обмотки добавочных полюсов; индуктивность цепи ТЭД: L_1 – якоря, L_2 – обмотки возбуждения, L_3 – обмотки добавочных полюсов; E – противо-ЭДС двигателя. Несмотря на простоту и удобство решения (1) для разработки адекватной математической модели тягового электропривода мобильного робота только формулы (1) недостаточно, так как электродвигатель – преобразователь электрической энергии в механическую, поэтому адекватная математическая модель должна учитывать момент и скорость вращения. Также следует учитывать, что в (1) не отражена зависимость противо-ЭДС от скорости вращения ротора. Между тем именно эта зависимость ограничивает электромагнитный момент при высоких скоростях и определяет требуемую мощность двигателя, передаточное отношение трансмиссии и требуемое напряжение тяговой бортовой сети. Мощность, потребляемую ВЭД, можно определить как сумму мгновенных мощностей фаз статора.

В настоящее время предпринимаются попытки разработки адекватной математической модели, учитывающей названные особенности. Возможно решение, основанное на модификации модели тягового электропривода на основе вентильного двигателя [3], использующую систему координат, связанную с ротором ВД и неподвижную относительно его. Учитываются также существующие взаимовлияния продольного и поперечного каналов управления, которые усиливаются при увеличении частоты вращения ротора ВД. Данные взаимовлияния можно рассматривать как возмущения, действующие на токовые контуры [3].

Видится целесообразным, что математическая модель тягового электропривода мобильных роботов должна включать в себя в качестве структурного элемента математическую модель тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ), которая позволит оценивать степень заряженности ТАБ на основе учета степени заряженности ТАБ в рассматриваемый момент времени, номинальной емкости ТАБ, а также тока разряда или заряда.

В случае успешной разработки математическая модель тягового электропривода мобильных роботов позволит выполнить сравнительный анализ различных конструктивных решений силовых установок мобильных роботов на основе вычислительного эксперимента. В частности, можно будет исследовать влияние конструктивных особенностей мобильных роботов на энергетический баланс тягового электропривода передвигающихся на колесах мобильных роботов с учетом рекуперации кинетической энергии торможения при движении по стандартному ездовому циклу [3] и при различном характере рельефа подстилающей поверхности.

В существующей в настоящее время практике конструирования мобильных роботов при проектировании электропривода электродвигатель выбирают из существующей номенклатуры. Поэтому можно сделать вывод, что в настоящее время актуальным является определение необходимых параметров электродвигателя, позволяющих обеспечить требуемые тактико-технические характеристики мобильного робота.

Предложенные общие подходы к принципам построения тягового электропривода мобильных роботов могут быть расширены и конкретизированы с учетом конструктивных особенностей проектируемых мобильных роботов. Например, для мобильных роботов, движение которых осуществляется с помощью электроприводов, расположенных в шарнирах, соединяющих звенья. На концевых звеньях робота могут располагаться стопы с вакуумными захватами, для работы с которыми могут требоваться специальные инженерные решения [2]. Отдельно должны рассматриваться ТЭД для миниатюрных роботов, способных двигаться внутри тонких труб без специальных движителей (ног, колес или гусениц).

Библиографический список

1. *Пройдаков Э.* Классификация мобильных роботов. URL: <https://postnauka.ru/video/34424> (дата обращения: 03.01.2021).
2. Мобильные роботы: исследования, разработки, перспективы. URL: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=f5c75bcf-2fa5-40e6-b067-4492f0c5ab22> (дата обращения: 03.01.2021).
3. *Серигов С. А.* Идентификация математической модели тягового электропривода автомобиля. *Электротехника и электромеханика*. 2010. № 3. С. 56–60.
4. *Серигов С. А.* Идентификация математической модели тяговой аккумуляторной батареи гибридного автомобиля. *Автомобильный транспорт (Харьков)*. 2010. № 26. С. 23–30.
5. *Серигов С. А., Бороденко Ю. Н.* Гибридная силовая установка автомобиля как объект управления. *Автомобильный транспорт (Харьков)*. 2009. № 24. С. 15–19.
6. *Серигов С. А.* Управление вектором тока тягового вентильного электродвигателя силовой установки гибридного автомобиля. *Автомобильный транспорт (Харьков)*. 2009. № 25. С. 127–133.
7. *Серигов С. А., Бороденко Ю. Н., Дзюбенко А. А.* Управление силовой установкой гибридных автомобилей // *Мир транспорта и технологических машин*. 2014. № 1 (44). С. 36–43.
8. *Бурэн-Итгэл Г.* Разработка математической модели электропривода в среде Simulink Matlab // *Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. Докл. Двадцать второй Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: в 3 т.* 2016. С. 141.

УДК 004.5

М. Р. Борисенко

студент кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ: ОТ ЭКЗОСКЕЛЕТА
ДО АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ**

В последние годы все большее распространение получили антропоморфные роботы, предшественниками которых являлись экзоскелеты (экзоскелеты). Формирование антропоморфной автономной робототехники напрямую связано с изучением совместной работы устройств с живыми объектами.

В наше время экзоскелеты применяются в медицинских целях для реабилитации пациента, восстановления функций отдельных суставов нижних или верхних конечностей человека, и в целях повышения возможностей человека в части перемещения на большие расстояния, упрощения движения и выполнения задач, требующих значительных усилий.

История развития

Одной из первых попыток создания человекоподобной робототехники можно считать экзоскелет Hardiman, созданный в 1965 г. американской фирмой General Electric и ВС США. К сожалению, разработка была непрактична из-за ее значительной массы и неустойчивости конструкции при передвижении. Проект не получил дальнейшего развития.

В 1969 г. свой экзоскелет представил сербский ученый Миомир Вукобратович [1]. Устройство было оснащено пневматическими силовыми приводами и способно воспроизводить походку, близкую к антропоморфной.

Вукобратович использовал полуобратный метод заданной упорядоченной последовательности действий или причин, приводящей к передвижению устройства любым способом (путем ходьбы, бега, прыжков или любого их сочетания). В этом методе часть обобщенных координат и обобщенных сил задается явным образом, а остальные определяются из уравнений движения и уравнений связи. Таким образом, появляется возможность использовать априорную информацию о движении для понижения порядка задачи. Тем самым облегчается исследование [2].

Проект Вукобратовича стал предшественником не только ряда экзоскелетов медицинского назначения [3], но и современных антропоморфных шагающих роботов как класса.

Так, используя разработки Вукобратовича, ученые исследовательской лаборатории Икира Като в 1984 г. создали модель двуногого шагающего робота [4]. Для динамической стабилизации устройства использовался метод точки нулевого момента.

Данный метод нацелен на определения устойчивости текущего положения робототехнической системы и осуществляется с помощью тензометрических датчиков в стопах аппарата, передающих сигнал по контуру обратной связи для корректировки положения робота, приближая его к точке равновесия. Точка нулевого момента (равновесия) – точка пересечения линии действия силы реакции опоры с опорной поверхностью. Если эта точка выходит за пределы допустимой области, то текущее положение робота является неустойчивым и без применения соответствующих мер – опережающих действий приводами, робот может упасть [5].

В 1986 г., воспользовавшись этим же методом, ученые исследовательского центра Вако, Honda, представили человекоподобного робота HONDA модели E0 [6]. По 1993 г. серия E пополнилась еще 6 моделями (рис. 1).

P-серия стала следующей серией антропоморфных роботов, разработанных компанией Honda с 1993 по 2000 гг. Усовершенствованным продолжением этой линейки стала современная модель ASIMO [7] (рис. 2).

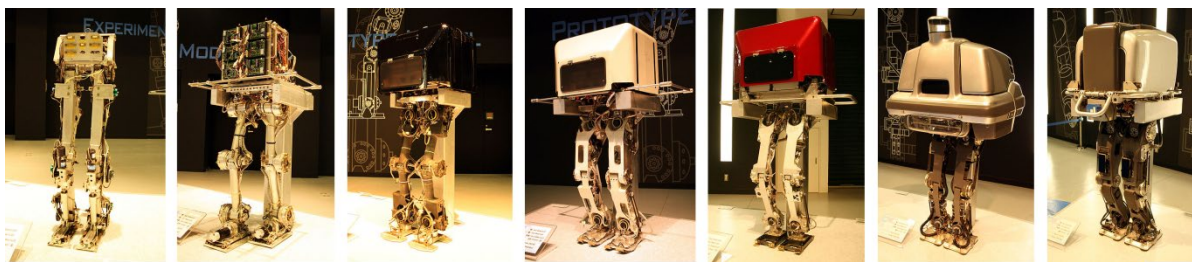


Рис. 1. HONDA серии E

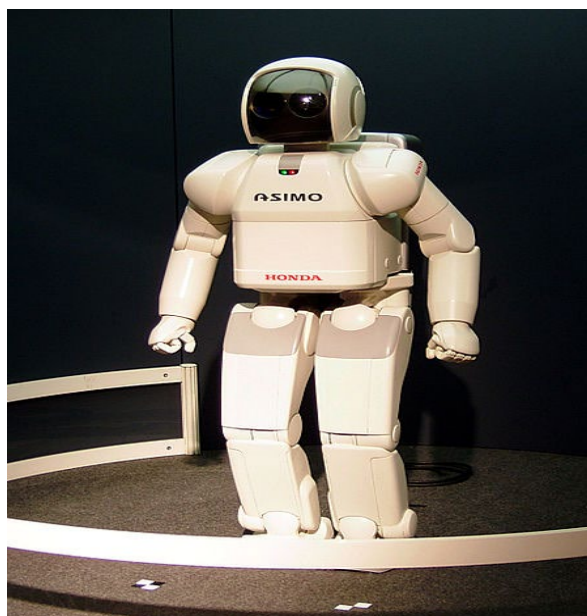


Рис. 2. Робот ASIMO

Современные разработки

Опыт, накопленный корпорацией Хонда при разработке робота ASIMO, использовался для создания экзоскелета WAD (*Walking Assist Device*) [8] (рис. 3), предназначенного для реабилитации после травм и восстановления навыков ходьбы. Устройство координируется аппаратно-программным комплексом, состоящим из различных датчиков и бортового компьютера, посылающего сигналы встроенным электродвигателям. Экзоскелет весит 2,6 кг и не вызывает сложности при использовании.

В последние десятилетия для решения задач динамики робототехнических систем рассматривается возможность применения самообучающихся искусственных нейронных сетей [9].



Рис. 3. Экзоскелет Walking Assist Device

Этот метод, в отличие от методов, основанных на логических системах управления, позволяет использовать меньшее количество датчиков для реализации задач. При применении математического способа обработки информации, поступающей от датчиков, программисту необходимо самостоятельно выделить ряд критериев анализа полученной информации для выполнения поставленной задачи. Если же исключить этот трудоемкий и сложный процесс, то за выбор критериев будет отвечать нейронная сеть [10].

Заключение

Задача динамического равновесия – сложная задача динамики и управления. Для ее решения находится не так много методов.

Использование нейросети – развивающаяся и перспективная область. Однако при текущем уровне развития технологий невозможно предоставить достаточную техническую базу для обеспечения необходимой производительности нейросети с целью выполнения всевозможных задач.

Наибольшее распространение находит сейчас метод точки нулевого момента – его применяют во многих разработках, часть из которых были перечислены в данной работе.

Библиографический список

1. *Vukobratovic M.* Active exoskeletons and beginning of the development of humanoid robotics. In: Monograph of ANS: Academy of Nonlinear Sciences. Advances in Nonlinear Sciences II – Sciences and Applications // Belgrade, 2008. P. 243–262.
2. *Белецкий В. В.* Двухногая ходьба: модельные задачи динамики и управления. М., 1984. 286 с.
3. *Stadler K.* Robo-mate an exoskeleton for industrial use-concept and mechanical design // Advances in Cooperative Robotics, 2016. P. 1–7.
4. *Yamaguchi J., Takanishi A., Kato I.* Development of a biped walking robot compensating for three-axis moment by trunk motion // Robotics Society of Japan. 1993. P. 31–37.
5. *Ложкин П. В.* Метод точки нулевого момента для задачи динамического равновесия РТК AR-600. Движение на месте // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2013. № 10. С. 81–84.
6. *Sakagami Y., Watanabe R., Aoyama C.* The intelligent ASIMO: System overview and integration // Intelligent Robots and Systems. 2002. P. 457–484.
7. *Hirose M., Ogawa K.* Honda humanoid robots development // Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2007. P. 11–19.
8. Honda Walking Assist Device. URL: <https://global.honda/products/power/walkingassist.html> (дата обращения: 03.01.2021).
9. *Ngo T., Wang Y., Mai T.* Robust Adaptive Neural-Fuzzy Network Tracking Control for Robot Manipulator // International journal of computers communications & control. 2014. P. 341–352.
10. Применение нейронных сетей в робототехнике: перспективы и преимущества. URL: <https://habr.com/ru/post/239543/> (дата обращения: 03.01.2021).

УДК 004

Е. К. Брезгун, А. Ю. Попова

студенты кафедры технологий защиты информации

Т. Н. Елина – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель

ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Защита персональных данных – очень важная задача, решение которой нам еще предстоит найти. В статье анализируются важные аспекты, связанные с персональными данными, проблемы, с которыми мы сталкиваемся при попытке сохранить конфиденциальность и правовые положения, касающиеся защиты данных.

Благодаря быстрому развитию информационных технологий не только организации и корпорации, но и частные лица имеют доступ к различным каналам связи. За последние десятилетия число пользователей сети Интернет выросло многократно. Сегодня каждый человек имеет возможность создавать свои собственные сообщения и распространять информацию, которая будет доступна неограниченному числу пользователей. Большинство жителей планеты так или иначе пользуются «Всемирной Паутиной», оставляя в ней свои персональные данные, в том числе и при регистрации на том или ином сетевом ресурсе.

В результате массового и бесконтрольного доступа всех членов общества к информационно-коммуникационным технологиям был опущен частный «занавес», который до недавнего времени позволял «скрывать» от посторонних большое количество личной информации.

Обмен данными может принести некоторые преимущества. Взаимодействие с другими людьми в современном обществе заставляет вас идти на риск. Персональные данные содержат много информации о человеке. Они легко могут быть использованы для нанесения вреда кому-либо, что особенно опасно для уязвимых лиц и сообществ, таких как журналисты, активисты, правозащитники, представители угнетенных и маргинализированных групп. Именно поэтому эти данные должны быть строго защищены.

Представляется необходимым отметить, что пользовательские соглашения большинства компаний, оказывающих услуги гражданам в сети Интернет, не предусматривают специального получения согласия субъекта на обработку его персональных данных, при этом получение такого согласия необходимо и обязательно по ряду причин.

Правила защиты данных в Европе и России

В Европейском союзе защита данных является основополагающим правом, и Общее положение о защите данных (GDPR) является основой для защиты этого права. Он представляет собой очень позитивную основу для пользователей, позволяющую европейцам вернуть контроль над своей личной информацией. Закон вступил в силу в мае 2018 г. – другие страны обращают внимание на GDPR, разрабатывая или внедряя свои собственные законы для защиты данных.

Правила защиты данных ЕС гарантируют людям защиту их персональных данных всякий раз, когда они авторизуются – например, когда человек покупает что-то в Интернете, подает заявление на работу или просит банковский кредит. Эти правила применяются как к компаниям и организациям (государственным и частным) в ЕС, так и к тем, кто базируется за пределами ЕС и предлагает товары или услуги в ЕС, таким как Amazon или Facebook, всякий раз, когда эти компании запрашивают или повторно используют персональные данные физических лиц в ЕС.

Независимо от того, какой формат принимают данные – бумажный в структурированном файле или онлайн в компьютерной системе, – каждый раз, когда информация, косвенно или непосредственно идентифицирующая вас как личность, хранится или обрабатывается, ваши права на защиту данных должны соблюдаться.

В России также существует соответствующий закон, который определяет правила защиты персональных данных.

Статья 24 Конституции Российской Федерации провозглашает право человека не вмешиваться в его личную жизнь. Кроме того, не допускается сбор, хранение, использование, распространение информации о частной жизни человека без его согласия, за исключением случаев, предусмотренных законом, и только в интересах национальной безопасности, экономического благополучия и прав человека.

В целях конкретизации прав человека, гарантированных статьей 24 Конституции Российской Федерации, и определения механизмов их реализации 8 июля 2006 г. Государственной думой Российской Федерации был принят Закон «О защите персональных данных» № 152 – ФЗ (далее – Закон), который вступил в силу 27 июля 2006 г. Предметом правового регулирования Закона являются правоотношения, связанные с защитой персональных данных при их обработке.

Что такое персональные данные

Определение термина «персональные данные» дано в первом пункте статьи 3 Закона, согласно которому персональные данные – это любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному, или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных).

Однако законодательством Российской Федерации не установлен и не может быть установлен четкий перечень сведений о физическом лице, являющихся персональными данными, с целью применения положений Закона к различным ситуациям, в том числе при обработке персональных данных в информационных (автоматизированных) базах данных и файлах персональных данных, которые могут возникнуть в будущем в связи с изменениями в технологической, социальной, экономической и других сферах общественной жизни.

Например, в соответствии со статьей 65 Трудового кодекса Российской Федерации гражданин обязан при заключении трудового договора представить паспорт или иной документ, удостоверяющий трудовую книжку лица, а в случаях, предусмотренных законом, документ об образовании (специальности, квалификации), состоянии здоровья и другие документы.

В связи с этим персональные данные работника, содержащиеся в паспорте или документе, удостоверяющем личность, в трудовой книжке, документе об образовании (специальности, квалификации), медицинском документе и других документах, которые он представил при заключении трудового договора, обрабатываются владельцем базы персональных данных на основании статьи 65 Трудового кодекса Российской Федерации исключительно для осуществления полномочий владельца базы персональных данных в сфере правоотношений, которые он имел с работником на основании трудового договора.

Таким образом, информация о сотрудниках является базой персональных данных, поскольку личные дела, трудовые книжки, копии паспортов, документы об образовании хранятся и обрабатываются работодателем.

Что такое информационная система персональных данных

Термин «информационная система персональных данных» определен в десятом пункте статьи 3 Закона, согласно которому база персональных данных представляет собой совокупность содержащихся в базах данных персональных данных и обеспечивающих их обработку информационных технологий и технических средств.

По этой причине информационная система персональных данных представляет собой упорядоченный набор логически связанных данных о физических лицах:

хранящаяся и обрабатываемая соответствующим программным обеспечением база персональных данных представляет собой базу данных в электронном виде;

хранится и обрабатывается на бумажном носителе, представляет собой базу персональных данных в виде файлов.

Файл персональных данных – это любой структурированный набор персональных данных, доступный по определенным критериям, независимо от того, является ли файл централизованным, децентрализованным или функционально, или географически разделенным.

Такие данные должны быть структурированы в соответствии с определенными критериями, касающимися отдельных лиц, с тем чтобы обеспечить легкий доступ к соответствующим персональным данным.

Что не считается информационной системой персональных данных

Индивидуальные предприниматели и самозанятые лица самостоятельно определяют, владеют ли они базами персональных данных по смыслу Закона.

Законодатель распространил действие Закона на все виды деятельности, связанные с созданием персональных баз данных и обработкой персональных данных в этих базах данных, за исключением следующих видов деятельности:

индивидуальный – исключительно для непрофессиональных личных или бытовых нужд,
журналист – в связи с исполнением своих профессиональных или профессиональных обязанностей,
профессиональный творческий работник – для творческой деятельности.

Таким образом, в процессе своей профессиональной деятельности юристы не обязаны по закону вести базу персональных данных клиентов. Однако если адвокаты подают дела на своих клиентов, которые они постоянно обновляют и актуализируют, то такие дела являются базой персональных данных и подлежат государственной регистрации.

Кроме того, если физические лица-предприниматели заключают договоры на выполнение работ или оказание услуг с физическими лицами, то такие договоры также не являются персональной базой данных и не подлежат государственной регистрации.

Кто является оператором персональной базы данных

Оператором базы персональных данных в соответствии со вторым пунктом статьи 3 Закона является государственный орган, муниципальный орган, юридическое или физическое лицо, самостоятельно или совместно с другими лицами организующие и (или) осуществляющие обработку персональных данных, а также определяющие цели обработки персональных данных, состав персональных данных, подлежащих обработке, действия (операции), совершаемые с персональными данными.

Что такое защита данных

В Интернете, где огромные объемы персональных данных передаются по всему миру спонтанно, людям становится все труднее контролировать свою личную информацию. Вот тут-то и вступает в дело защита данных.

Защита данных относится к мерам предосторожности, практике и обязательным правилам, установленным для обеспечения того, чтобы вы оставались под контролем своей личной информации. Вы должны быть в состоянии решить, хотите ли вы поделиться какой-то информацией, кто имеет к ней доступ, по какой причине, на какой срок и иметь возможность изменить часть этой информации.

Зачем людям нужны законы о защите данных

Есть две основные причины, по которым правительства должны стремиться к созданию всеобъемлющих систем защиты данных:

законы должны быть обновлены, чтобы соответствовать сегодняшним реалиям. С тех пор как появился Интернет, люди все больше и больше делятся своей личной информацией в нем. Во многих странах правила конфиденциальности существуют и остаются важными для защиты информации и прав человека людей, но они не адаптированы к вызовам современного взаимосвязанного мира.

Корпоративное саморегулирование не работает для защиты наших данных. Во всем мире компании и другие организации, собирающие данные людей, уже давно выступают за регулирование конфиденциальности и защиты данных не через обязательные рамки, а скорее через механизмы саморегулирования или совместного регулирования, которые предлагают им большую гибкость. Однако несмотря на несколько попыток, мы до сих пор не видим примеров необязательных режимов, которые были бы позитивны для прав пользователей (или, по сути, для бизнеса в целом).

Доступ к вашим персональным данным

Вы всегда можете запросить доступ к вашим персональным данным у компании или организации, и вы имеете право получить копию ваших данных бесплатно, в доступном формате. Они должны

ответить вам в течение 1 месяца и предоставить вам копию ваших персональных данных и любую соответствующую информацию о том, как эти данные были использованы или используются.

Пользовательское соглашение: кого оно защищает

Акцепт пользовательского соглашения может рассматриваться как заключение договора об оказании услуг по следующим основаниям: во-первых, предмет договора согласован: как правило, оператор соглашается предоставить пользователю доступ к своим услугам, а пользователь соглашается соблюдать режим использования и принимать рекламные материалы, направляемые оператором; во-вторых, права и обязанности сторон в связи с исполнением договора и санкция за нарушение установленных правил специально регулируются; в-третьих, предусмотрен порядок внесения изменений и расторжения договора, а также порядок разрешения споров.

Тем не менее в большинстве случаев одной из целей обработки персональных данных пользователя является продвижение товаров и услуг путем установления прямых контактов с потенциальным потребителем с использованием средств связи (как правило, реклама с конкретной целевой аудиторией прямо указывается в пользовательском соглашении), что налагает на оператора обязанность получения предварительного согласия субъекта персональных данных.

Реклама с конкретной целевой аудиторией это метод анализа данных при котором маркетологи собирают информацию в электронные базы данных клиентов для создания профилей пользователей, которые будут наиболее восприимчивы к их сообщениям.

«Отслеживаются интересы, наличие/отсутствие транспортного средства, поездки (путем смены удостоверения личности) и т. д. А благодаря недавнему запуску такого инструмента, как ретаргетинг, можно даже понять, о чем думает пользователь и что его остро интересует. Это позволяет нам сделать рекламные кампании более точно таргетированными, а значит, и наиболее эффективными» [1].

Следует отметить, что многие рекламные компании, предлагающие услуги рекламы с конкретной целевой аудиторией, указывают на партнерские отношения с ведущими почтовыми сервисами и сайтами социальных сетей, предоставляющими самую свежую информацию о пользователях. Передача информации третьим лицам также может быть предусмотрена пользовательскими соглашениями конкретных сервисов.

Также упоминание в тексте пользовательских соглашений о предоставлении рекламы с конкретной целевой аудиторией часто подразумевает обработку весьма специфического набора персональных данных, а именно файлов cookie. Обработка этих файлов позволяет установить IP-адрес пользователя, тип операционной системы, установленной на компьютере, тип браузера, информацию о посещенном ранее сайте, а иногда и адрес электронной почты, и другую информацию.

Калятин О. В. отмечает, что реклама, размещаемая на интернет-сайтах, организована таким образом, что при создании файла cookie для каждого человека генерируется уникальный идентификационный номер, позволяющий рекламодателю накапливать информацию о деятельности конкретного человека в Интернете в целом [2].

Без специального образования пользователь не может объективно иметь полную картину такой обработки и ряда сведений, которые станут известны о нем в связи с передачей файлов cookie, в то время как обработка будет представлять собой информацию о его личной жизни. Анализ большинства пользовательских соглашений показал, что они не указывают на какую-либо обработку файлов cookie. В то же время, когда файлы cookie отключены, доступ к сервисам становится невозможным без каких-либо объяснений со стороны оператора, а предоставляемая реклама с конкретной целевой аудиторией очень определенно основана на последних данных о посещениях пользователями страниц в Интернете.

В ходе исследования можно понять, что законодательство, касающееся хранения и обработки персональных данных, все еще не является совершенным и требует дальнейших изменений и корректировок, чтобы они могли защитить людей, запрашивающих доступ к персональной информации пользователей, и самих пользователей в той же степени.

Пользователь должен быть уведомлен о сроках хранения своих персональных данных, и такой срок не должен быть чрезмерным.

Таким образом, в целях реализации норм международного права, конституционного принципа, гарантирующего каждому право на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну, операторы обязаны получить согласие пользователя на обработку персональных данных, содержащихся в учетной записи, а в случаях, когда обработка направлена на продвижение товаров и услуг с возможностью непосредственного контакта с субъектом таких данных, получить предварительное согласие пользователя.

Кроме того, если оператору необходимо обработать информацию, хранящуюся на терминальном оборудовании пользователя, последний должен быть уведомлен в доступной форме об объемах такой обработки и видах данных, которые могут быть получены оператором при его согласии. В этом случае пользовательское соглашение должно содержать информацию о сроках, по истечении которых предоставленные пользователем данные будут уничтожены.

Выводы

Проанализировав всю информацию по этой теме, становится очевидным, что каждый должен осознавать важность защиты своих персональных данных и гораздо больше ситуаций, когда наши данные собираются и обрабатываются кем-то. Эти ситуации должны строго контролироваться и контролироваться, чтобы сохранить личную конфиденциальность. Существующие законы о защите данных должны быть введены в действие и улучшены в ближайшем будущем.

Библиографический список

1. *Мамчуева О.* Дискуссионная панель: таргетированная реклама в социальных сетях. URL: http://www.searchengines.ru/articles/etarget_2013_di.html (дата обращения: 24.03.2013).
2. *Калян О.* Персональные данные в Интернете // Журнал Российского права. 2002. № 5. С. 77–86.

УДК 62-833

А. А. Булыгин, Ю. П. Кузьменко

студенты кафедры электромеханики и робототехники

Е. С. Квас, В. П. Кузьменко

ассистенты кафедры электромеханики и робототехники

С. А. Сериков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ГИБРИДНЫЕ УСТАНОВКИ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Введение

Современные инженерные задачи имеют высокие требования к показателям качества разрабатываемых устройств, которые иногда проблематично выполнить, используя традиционные методы решения. Все чаще использовать проверенные временем технологии становится энерго- и трудозатратно, а полученный продукт не удовлетворяет такими показателями, как стоимость, габариты, вес, силовые показатели устройства. Одним из решений этой проблемы является совмещение в процессе производства и в конечной продукции преимуществ разных технологий, которые изучались на протяжении десятилетий. Такие устройства и установки, совмещающие в себе черты нескольких разных по роду используемой энергии, по принципу действия объектов называются гибридными устройствами и установками [1]. Разработчики пытаются улучшить хорошо работающую установку путем устранения ее недостатков за счет внедрения в эту установку деталей другого объекта, лишенного этого недостатка или выраженного в меньшей степени.

Основная часть

Самый простой пример такой системы, по моему мнению, – это мобильный робот, использующий для перемещения колеса и гусеницы. Пример такого робота представлен на рис. 1. Он использует колеса для ровных поверхностей, чтобы быстрее по ним перемещаться, и гусеницы для большей проходимости в среде с труднопроходимой поверхностью [2]. Тем самым удается устранить недостаток в проходимости колесной базы с сохранением ее преимуществ. Добавление в весе в связи с установкой гусеничного шасси незначительно влияет на массу робота в целом, следовательно, создание подобного робота позволяет говорить об актуальности применения гибридов. Если вес подобного робота сильно увеличивается при установке гусениц, то это негативно сказывается на энергозатратах на перемещение, так как из этого следует, что необходимо увеличивать мощность двигателей, поэтому можно установить на основную гусеничную базу, вспомогательные колеса, которые обычно имеют меньшую массу для роботизированных установок, предназначенных для перемещения по труднопроходимой местности.



Рис. 1. 3D-модель робота вездехода

Другой пример применения гибридных установок – использование энергии разного рода. Например, часто применяют совместное использование энергии горючих смесей и электричества. Так, в беспилотном летательном аппарате (БПЛА) от компании Top Flight Technologies используются одновременно двигатель внутреннего сгорания (ДВС) и электрический привод (ЭП). Такие аппараты на порядок увеличивают диапазон доступных расстояний, грузоподъемность и мощность в сравнении с БПЛА, работающими на аккумуляторах. Гибридный дрон поможет в организации воздушной доставки небольших грузов, расширит возможности аэросъемки местности в гражданских и военных целях, позволит оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации или вести удаленный контроль объектов инфраструктуры. С развитием гибридных источников питания для дронов эта технология также может положить начало для полетов человека. Достигается это за счет того, что ДВС работает как источник крутящего момента (энергии) для ЭП, который в свою очередь приводит в движение вентиляльные двигатели дрона. В этом дроне сочетается удобство управления электродвигателя с большим диапазоном регулирования и быстрота пополнения энергии, и длительная автономность ДВС (на дроне установлены баки для заправки бензина, вместо тяжелых и требующих длительной зарядки аккумуляторов), к тому же удается уменьшить конечную массу данного БПЛА. Также применяют энергию солнечных батарей, энергию ветра, геотермальные источники подобным образом. Такие установки находят применение в электроснабжении умных домов для перебойного обеспечения электроэнергией, во многих мобильных робототехнических установках.

Перспективным направлением является применение гидравлических установок совместно с пневматическими. Гидравлические системы наделяют любую машину большой силой, обеспечивают достаточно высокую точность движений и предоставляют возможности для реализации и гибкой настройки обратных связей [3]. Вместе с тем такие системы некомпактны и тяжеловесны, на 100 % зависят от внешних источников питания. Простая и надежная пневматическая система не предполагает наличие внешнего источника питания, но накладывает достаточно серьезные ограничения при компоновке кабельных трасс и моторов, демонстрирует низкое качество обратной связи и дает минимум возможностей для контроля. Электрические системы по уровню раскрываемых возможностей занимают промежуточное положение. Путем соединения гидропривода и пневмопривода удалось создать антропоморфного робота, обладающего силовыми характеристиками гидропривода и точностью пневмопривода. Это позволило разработчикам добиться плавности движения на подобию движения человека, при этом оставив преимущество силовых качеств робота. В приводе вместо суставов, полностью управляемых парой гидравлических клапанов, движение в заданном направлении осуществляет гидравлика, а возврат в исходное положение – пневматика. Такое решение позволило существенно упростить конструкцию привода, а использование возможностей пневматики, выступающей в качестве дополнительного демпфера – обеспечить движениям повышенную плавность и естественность. Пример робота с гидропневматическими руками приведен на рис. 2.

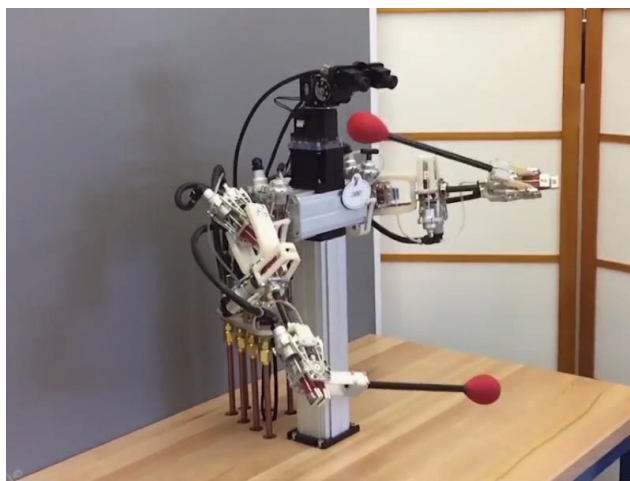


Рис. 2. Робот с гидропневмоприводом

Существуют также биороботы, сочетающие в себе живые мышцы и электрические элементы, управляющие роботом и подающие импульсы, позволяющие сокращаться мышцам [4]. Однако существуют они только в лабораториях, так как живые ткани имеют свойство быстро изнашиваться, но перспективы развития таких роботов очень высокие. В будущем такие роботы смогут выполнять физические движения плавно и с высокой точностью и быстродействием, чего не удастся полностью добиться, используя традиционные технологии.

Заключение

Таким образом, применение гибридных технологий является высокоперспективной областью развития науки. Оно сочетает в себе многолетний накопленный опыт проверенных технологий со свежим взглядом на их применение. Гибридные установки сочетают в себе применение традиционных источников энергии и устройств, использующих ее, а также альтернативные источники и механизмы вместе. Это позволяет говорить об улучшении использования природных энергетических ресурсов и человеческих ресурсов, количество потребления которых с каждым годом становится все больше. Улучшение использования уже имеющихся у человека знаний дает надежду на скорейшее развитие научно-технического прогресса, благодаря которому человеку откроются возможности для улучшения своей жизни и окружающей среды.

Библиографический список

1. *Афонин В. Л., Макушин В. А.* Интеллектуальные робототехнические системы. М., 2005. 208 с.
2. *Вонг Д.* Теория наземных транспортных средств / Пер. с англ. М.: Машиностроение. 1982. 213 с.
3. *Автушко В. П., Кишкевич П. Н., Жилевич М. И.* Теория и проектирование гидropневмоприводов. М.: Минск: БНТУ. 2017. 122 с.
4. *Вукобратович М.* Шагающие роботы и антропоморфные механизмы. М.: Мир. 1976. 540 с.

УДК 621.316.925

П. И. Васильев*

магистрант кафедры электротехники и электрооборудования предприятий

Е. С. Резник*

аспирант кафедры электротехники и электрооборудования предприятий

В. А. Шабанов* – кандидат технических наук, профессор – научный руководитель

*Уфимский государственный нефтяной технический университет

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Введение

Высоковольтные электродвигатели (ЭД) являются основными потребителями электрической энергии на объектах магистрального транспорта нефти и газа. Они обеспечивают важнейшую технологическую функцию – привод магистральных насосов и компрессоров. Стоимость капитального ремонта ЭД в зависимости от состава работ может достигать стоимости нового ЭД, которая для высоковольтных ЭД большой мощности составляет несколько десятков млн рублей. Для снижения затрат на ремонт ЭД после КЗ необходимы быстродействующие защиты с высокой чувствительностью к внутренним КЗ.

На высоковольтных электродвигателях предусматриваются защиты от многофазных замыканий, однофазных замыканий на землю, токов перегрузки и защита минимального напряжения [1]. Для защиты от внутренних междуфазных коротких замыканий (КЗ) в обмотке статора используются токовые отсечки (ТО) и дифференциальные защиты [2]. Для защиты от длительного протекания сверхтоков используется максимальная токовая защита (МТЗ). Токовая отсечка (ТО) устанавливается в качестве основной защиты от междуфазных КЗ на электродвигателях мощностью до 2000 кВт. При достаточной чувствительности допускается использовать ТО в качестве основной защиты на электродвигателях мощностью до 5000 кВт. В этом случае дифференциальная защита не устанавливается. При мощности ЭД 5000 кВт и выше в качестве основной устанавливается дифференциальная защита. Токовая отсечка в этом случае, как правило, не устанавливается, так как ее чувствительность оказывается недостаточной и не удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Токовые отсечки широко применяются в составе ступенчатых токовых защит линий электропередачи. В двухступенчатых защитах ТО линий используется в качестве первой ступени, защищает только часть линии и является дополнительной защитой. Основной, которая защищает всю линию, является максимальная токовая защита (МТЗ). В составе токовых защит ЭД также можно выделить две ступени: первая ступень – ТО и вторая ступень – МТЗ. Однако в отличие от защит линий МТЗ, ЭД имеет очень большую выдержку времени, отстроенную от времени пуска, и по этой причине ее нельзя считать эффективной и тем более основной защитой от КЗ. При этом в случае отсутствия дифференциальной защиты, единственной защитой ЭД от КЗ является ТО, которую относят к основной защите от внутренних КЗ. Однако ТО не удовлетворяет главному требованию к основным защитами: действовать при КЗ в пределах всего защищаемого участка (объекта). ТО относятся к защитами с относительной селективностью и по принципу действия защищают только часть обмотки статора со стороны питающих вводов. Для повышения эффективности токовых защит ЭД в [4] предложено выполнять защиту и диагностику технического состояния ЭД, используя результаты спектрального анализа тока статора. В [5, 6] для реализации комплексной защиты ЭД предложено использовать искусственные нейронные сети. В [7] рассмотрена адаптивная защита ЭД от токов перегрузки, основанная на моделировании тепловых процессов в ЭД.

В статье рассматриваются пути повышения эффективности и длины защищаемой зоны токовой отсечки электродвигателей, основанные на адаптации алгоритма ТО к параметрам защищаемой сети.

Ток срабатывания ТО ЭД (рис. 1а) отстраивается от двух режимов: от собственного пускового тока и от тока в обмотке статора при внешних КЗ, протекающего под действием ЭДС двигателя, перешедшего в генераторный режим [1]–[3]. По отстройке от пускового тока ток срабатывания ТО выбирается по выражениям:

$$I_{с.з.} = k_{отс} \cdot I_{пуск}, \quad (1)$$

$$I_{с.з.} = k_{отс} \cdot I_{кз}, \quad (2)$$

где $I_{с.з.}$ – ток срабатывания ТО; $k_{отс}$ – коэффициент отстройки; $I_{пуск}$ – пусковой ток ЭД; $I_{кз}$ – ток в обмотке статора при внешних КЗ.

В практических расчетах при определении тока срабатывания по (1) и (2) пусковой ток для ТО определяют либо по паспортным данным электродвигателя (через кратность пускового тока и номинальный ток), либо определяют максимально возможный пусковой ток при работе питающей сети в максимальном режиме. Такая методика расчета удобна для практики, но приводит к снижению чувствительности ТО из-за завышенных значений тока срабатывания. Основной недостаток ТО с алгоритмом срабатывания по (1) – низкая чувствительность. Обусловлен этот недостаток несколькими причинами. Во-первых, высоким значением тока срабатывания, который выбирается по отстройке токов при пусках или внешних КЗ в максимально возможных режимах. Во-вторых, выбранный ток срабатывания ТО по условию селективности в максимальных режимах является фиксированным и не изменяется при изменении режимов работы двигателя и электрической сети. В-третьих, в ТО контролируются токи в обмотке статора только со стороны питающих вводов.

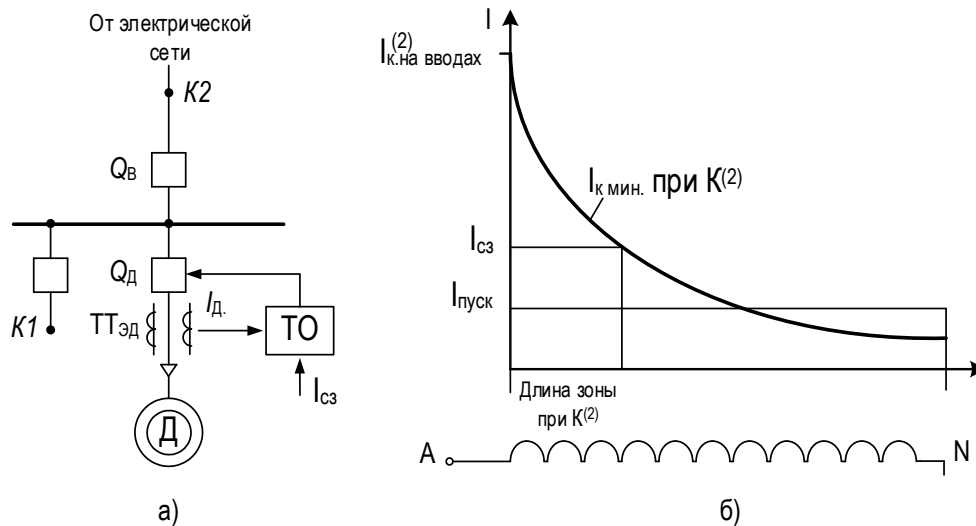


Рис. 1. Схема (а) и зона действия ТО (б)

Чувствительность ТО оценивается коэффициентом чувствительности:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.МИН}^{(2)}}{I_{с.з.}}, \quad (3)$$

где $I_{к.МИН}^{(2)}$ – ток металлического двухфазного КЗ на выводах двигателя при минимальном режиме работы питающей сети.

При внутренних КЗ по мере удаления точки КЗ от вводных зажимов ток КЗ быстро снижается (кривая I_K при $K(2)$ на рис. 1б) [8]. При приближении точки КЗ к нейтрали N ток трехфазного КЗ снижается до пускового тока $I_{ПУСК}$, а ток двухфазного КЗ составляет 0,87 от тока трехфазного КЗ. Горизонтальная линия тока срабатывания $I_{сз}$ построена по (1). При этом длина зоны ТО составляет около 20 % обмотки статора.

Для повышения чувствительности ТО ей следует придать адаптивные свойства, изменив условия выбора тока срабатывания [9], [10]. Схема адаптивной ТО приведена на рис. 2а. В блоке БОПС по напряжению на шинах УШ и току ввода I_B определяются параметры текущего режима КЗ: напряжение источника питания (ЭДС эквивалентного генератора) и его внутреннее сопротивление. В блоке БТРС для текущего режима работы сети, в режиме реального времени, определяется пусковой ток $I_{П.ТР}$ текущего режима и ток срабатывания адаптивной ТО $I_{сз.А}$:

$$I_{сз.а} = k_{отс} \cdot I_{п.тр.} \quad (4)$$

Главная особенность адаптивной ТО в том, что ток срабатывания по (4) определяется для текущего режима КЗ в режиме реального времени. При этом коэффициент чувствительности и длина защищаемой зоны также определяются для текущего режима (рис. 2б).

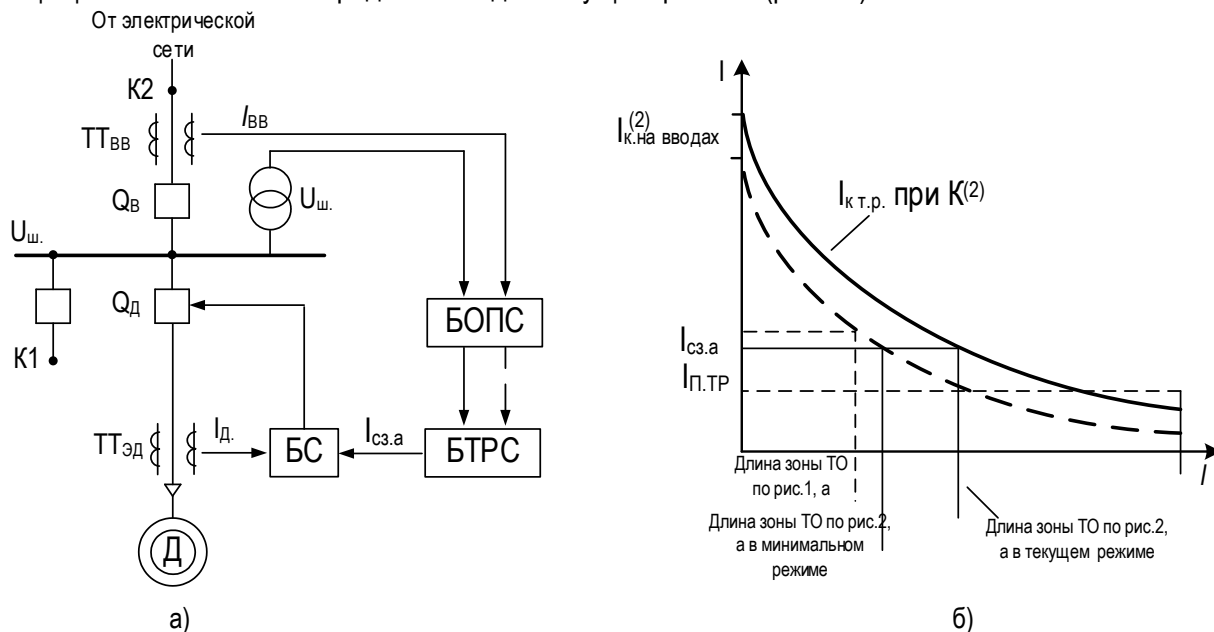


Рис. 2. Схема (а) и зона действия адаптивной ТО (б): БОПС – блок определения параметров сети; БТРС – блок текущего режима сети; БС – блок сравнения; Д – двигатель

Пунктиром на рис. 2б показаны ток I_K при $K(2)$, пусковой ток ЭД ($I_{пуск}$) и ток срабатывания ТО ($I_{сз.}$) для ТО по рис. 1 без адаптации. Из сравнения рис. 2б и 1б (пунктирные линии на рис. 2б) следует, что длина защищаемой зоны адаптивной ТО увеличивается как вследствие снижения пускового тока и тока срабатывания ТО, так и за счет того, что чувствительность и длина защищаемой зоны ТО определяется в одном и том же текущем режиме КЗ.

Другое направление увеличения области защищаемой зоны – использование второго комплекта ТО [11]–[13]. Токовые реле комплекта ТО1 подключаются к трансформаторам тока ТТ1 со стороны питания ЭД, а токовые реле комплекта ТО2 – к ТТ2 со стороны нейтрали N (рис. 3а).

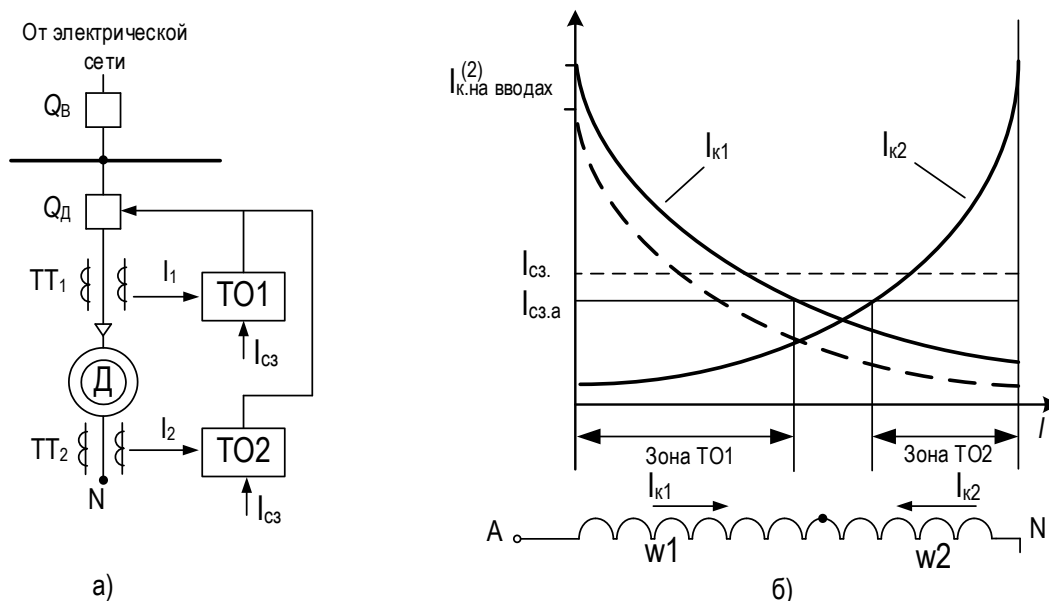


Рис. 3. Схема и зоны действия ТО с двумя комплектами

При внутреннем трехфазном КЗ обмотка статора делится точкой К на две части: первая сетевая часть – обмотка $W1$ от выводов до точки К и вторая короткозамкнутая часть – обмотка $W2$ от точки КЗ до нейтрали N. В сетевой части обмотки статора $W1$ протекают токи $I1$, в короткозамкнутой части обмотки $W2$ – токи $I2$. При КЗ, близких к началу обмотки, работает комплект ТО1 (зона ТО1 На рис. 3б), а при КЗ вблизи нейтрали – комплект ТО2 (зона ТО2). Ток срабатывания обоих комплектов ТО отстраивается от пускового тока ЭД по выражениям (1), (2) или (4). При срабатывании любого из комплектов ТО действует на отключение ЭД без выдержки времени. Выполнение ТО из двух комплектов расширяет зону действия ТО и повышает ее эффективность.

Заключение

Рассмотрены недостатки и пути повышения чувствительности токовой отсечки электродвигателей. Показано, что чувствительность токовой отсечки можно повысить путем придания ей адаптивных свойств. Зону действия токовой отсечки можно увеличить за счет контроля токов со стороны нейтрали обмотки статора и выполнения ТО из двух комплектов.

Библиографический список

1. Корогодский В. И., Кужеков С. Л., Паперно Л. Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1987. 248 с.
2. Гондуров С. А., Михалев С. В., Пирогов М. Г. Релейная защита электродвигателей напряжением 6–10 кВ терминалами БМРЗ: методика расчета. СПб.: ПЭИПК, 2013. С. 5, 12.
3. Гондуров С. А., Михалев С. В., Пирогов М. Г. Расчет установок для цифровых устройств релейной защиты. Токовая отсечка. URL: <http://bmrz-zakharov.narod.ru/raschet/to.html> (дата обращения: 24.01.2021).
4. Петухов В. С. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока // Новости электротехники. 2005. № 1.
5. Пономарев В. А., Суворов И. Ф. Комплексный метод диагностики асинхронных электродвигателей на основе использования искусственных нейронных сетей // Новости электротехники. 2020. № 4 (124)-5 (125).
6. Bayir R. Kohonen Network based fault diagnosis and condition monitoring of serial wound starter motors // IJSIT Lecture Note of International Conference on Intelligent Knowledge Systems. 2004. N 1.
7. Немировский А. Е., Бульчев А. В., Поздеев Н. Д. Адаптивное устройство токовой защиты асинхронного электродвигателя // Техника в сельском хозяйстве. 1998. № 6. С. 21–22.
8. Алексеев В. Ю., Путинцева А. А., Шабанов В. А. Исследование токов при трехфазном коротком замыкании в обмотке статора двигателя АД-5000 при номинальном скольжении // Современные методы и средства диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования, средств и систем автоматики: сб. науч. тр. Всеросс. научно-технич. конф. Салават. 2016.
9. Пат. 2686081 Российская Федерация, МПК H02H7/085; H02H7/09. Устройство адаптивной токовой отсечки электродвигателей / Шабанов В. А., Путинцева А. А., Васильев П. И. / Уфимский государственный нефтяной технический университет; опублик. 24.04.2019. Бюл. № 12.
10. Шабанов В. А., Путинцева А. А., Васильев П. И. Принцип действия адаптивной токовой отсечки электродвигателей // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: V межвуз. сб. науч. тр. 2018 С. 206–211.
11. Пат. 164467 Российская Федерация, МПК H02H7/085; H02H7/09. Устройство токовой защиты электродвигателей / Шабанов В. А., Путинцева А. А., Алексеев В. Ю. / Уфимский государственный нефтяной технический университет. № 2016106433/07; заявл. 24.02.2016; опублик. 10.09.2016. Бюл. № 25.
12. Пат. 2699758 Российская Федерация, МПК H02H7/085; H02H7/09. Устройство токовой защиты электродвигателей с блокировкой одного блока токовых реле / Шабанов В. А., Путинцева А. А., Алексеев В. Ю. / Уфимский государственный нефтяной технический университет. № 2019100120; заявл. 09.01.2019; опублик. 10.09.2019. Бюл. № 25.
13. Шабанов В. А., Путинцева А. А. Определение токов в электродвигателе при внутренних трехфазных коротких замыканиях // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: IV межвуз. сб. науч. тр. 2016. С. 205–216.

УДК 681.52

Е. В. Васильева*

студентка кафедры информационных технологий

О. С. Остапович, А. Е. Сергиенко, А. В. Шевырев*

студенты кафедры робототехники и мехатроники

А. И. Изюмов* – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

*Донской государственный технический университет

КОРРЕКТИРОВКА ПОЛОЖЕНИЯ РОЯ ДРОНОВ В ВОЗДУХЕ ПРИ ПОМОЩИ LIDAR

Введение

Статья предлагает к рассмотрению концепцию системы автоматической корректировки положения дронов-квадрокоптеров в воздухе при помощи системы LIDAR. Квадрокоптер – это беспилотный летательный аппарат чаще всего с четырьмя пропеллерами, который обычно управляется пультом дистанционного управления с земли, но также имеет возможность следовать четкой программе. В среде практического применения квадрокоптеров существует несколько направлений [1]:

1. Съемка сцен кино
2. Охрана территории
3. Доставка посылок и еды
4. Поиск отбившихся от стада животных
5. Разметка большой территории
6. Световые шоу в воздухе

Последнее направление требует использования множества небольших дронов, объединенных в рой и следующих единой программе. Для проведения крупных ночных представлений рой дронов оборудуют подсветкой.

Проблема

Крупные компании имеют возможность купить и содержать флот дронов из нескольких сотен единиц, в то время как небольшие компании вынуждены ограничиваться несколькими десятками квадрокоптеров [2], [3]. Рой, содержащий множество дронов, не требует точного позиционирования каждого летательного объекта, а погрешность положения дрона на ночном небе не нарушает эстетическую картину. Флот в несколько десятков дронов требует точного размещения каждого дрона в небе, так как глаз человека цепляется за неточности положения каждого квадрокоптера [3].

В то же время рой дронов должен создавать различные сложные фигуры в небе, превращать одни фигуры в другие. Каждый отдельный квадрокоптер двигается в трех координатах, выполняя установленную программу. Это приводит к тому, что погрешности в положении дронов появляются во всех трех направлениях. Причиной этого может являться действие на квадрокоптер переменного ветра и смена атмосферного давления в областях над поверхностью [4].

Существующие решения

Существует несколько вариантов решения проблемы точности для роя из малого числа квадрокоптеров. Чаще всего компании, занимающиеся световыми представлениями, размещают на каждом дроне оборудование GPS RTK (*Real Time Kinematic*). Оборудование позволяет получать данные о местоположении через GPS сигнал с точностью в несколько сантиметров, в отличие от обычных устройств, точность которых находится в пределах нескольких метров [3], [5]. Среди главных минусов стоит отметить дороговизну системы. Набор RTK станций стоит от 600 000 до 2 000 000 рублей. Станции представляют собой GPS приемник, местоположение которого строго определено и не изменяется. Второй приемник размещается на подвижном объекте. Спутники GPS связи, опираясь на местоположение первого приемника, могут с точностью до нескольких сантиметров указать местоположение подвижного приемника [6]. Чтобы устроить световое шоу при помощи роя дронов, требуется снабдить каждого дрона приемником сигнала от GPS RTK станции, а также настроить саму станцию [3].

Другой вариант – простое увеличение числа дронов в рое. Большое количество квадрокоптеров приведет к уменьшению общей погрешности. Создание флота в несколько сотен единиц приведет к снижению важности положения каждого отдельного дрона. В этом случае достаточно просто снабдить программой, описывающей движение, каждый квадрокоптер. Однако стоимость такого решения эквивалентна вышеописанному решению.

Предлагаемая концепция

Исходя из необходимости создать дешевую и точную систему контроля положения роя дронов предлагается следующая концепция: к основному набору квадрокоптеров, оснащенных подсветкой для создания представления в ночном небе, добавляется сервисный дрон, не оснащенный подсветкой, но обладающий LIDAR-датчиком. LIDAR представляет собой систему отправки и приема лазерного луча для определения расстояния до объекта, установленную на вращающуюся основу. Предполагается, что датчик будет крепиться на нижнюю часть квадрокоптера, обеспечивая тем самым свободный обзор для вращающегося лазерного дальномера по двум координатным осям. Предполагается, что системе дронов заранее известно из программы расположение каждого дрона относительно центра роя.

Стоимость такого оборудования невелика. В качестве примера можно обратить внимание на RPLIDAR-A1 360° Laser Range Scanner стоимостью 7740 рублей. Его характеристик вполне хватает для данной задачи.



Рис. 1. Дрон с LIDAR-датчиком

Сервисный дрон, оснащенный LIDAR-датчиком, совершает поступательные движения вверх-вниз, тем самым обеспечивая покрытие датчиком координаты z , то есть всех трех координат. На рис. 1 показано движение сервисного дрона по оси z . Линиями от сервисного дрона до обычных дронов обозначено покрытие LIDAR-датчиком.

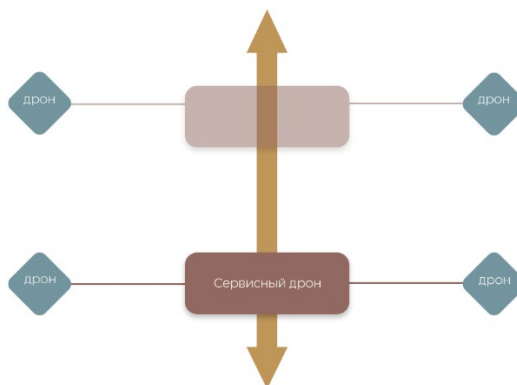


Рис. 2. Поступательное движение сервисного дрона вверх и вниз

Сервисный дрон здесь выступает в качестве регулятора. Он передает данные о положении каждого дрона на приемную станцию, расположенную на поверхности. После сравнения данных, полученных с сервисного дрона, и данных, известных с выполняемой дронами программы, происходит передача корректировочных данных отдельно каждому дрону. Данные, приходящие с сервисного дрона, представляют собой набор точек, из которых показывают расстояние каждого дрона до центра роя. Таким образом, порывы ветра, вызывающие сход дронов с их позиций, корректируется вплоть до нескольких десятков сантиметров, что является хорошей альтернативой GPS-трекерам. К тому же, ветер, смещающий сам сервисный квадрокоптер, никак не повлияет на точность системы, так как дроны имеют задачу держаться на конкретном расстоянии от сервисного дрона и друг друга. Стоит также отметить, что сервисный квадрокоптер не будет виден в ночи, поскольку не излучает яркого света, в отличие от стандартного дрона. Таким образом, перед выполнением следующей фигуры в небе дрон корректирует свое положение и приступает к выполнению следующей подпрограммы.

Для повышения точности и скорости реагирования на входные воздействия системы имеет смысл разделять область ответственности одного сервисного дрона на несколько подобных сервисных дронов. Например, можно отдать верхнюю половину создаваемой дронами фигуры для первого сервисного дрона, а вторую нижнюю половину фигуры для второго дрона. Таким образом, повышается эффективность реагирования на изменения среды, но уменьшается число дронов, выполняющих свою главную функцию.

Заключение

Статья предлагает экономически рентабельный метод контроля за положением роя дронов, применяемых для создания ночных световых представлений. Рассмотрены некоторые проблемы создания таких шоу: высокая стоимость дронов, оборудования для контроля за положением дрона и сложность настройки комплектующих. Рассмотрены примеры реализации систем контроля положения дрона в пространстве в условиях малого количества квадрокоптеров. Найдено оптимальное решение корректировки позиции дрона в воздухе. Решение состоит в добавлении к рюю сервисного дрона, оснащенного LIDAR-датчиком. Поступательное движение сервисного дрона по оси z позволяет определить расстояние каждого дрона в рое не зависимо от того, в какую фигуру выстраивается рой дронов.

Библиографический список

1. Ермаченко Н. В. «Рой» мультикоптеров – технология будущего. URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/2018January/ROY_%20MULTIKOPTEROV%20-%20TEHNOLOGIYa%20BUDShEGO.pdf (дата обращения: 29.01.2021).
2. Enrica S. SwarmLab: a MATLAB Drone Swarm Simulator. URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.02769.pdf> (дата обращения: 29.01.2021).
3. Шоу дронов: как мы координировали рой танцующих коптеров. URL: <https://habr.com/ru/company/croc/blog/427353/> (дата обращения: 29.01.2021).
4. Allison S. Wind Estimation Using Quadcopter Motion: A Machine Learning Approach. URL: <https://arxiv.org/pdf/1907.05720.pdf> (дата обращения: 29.01.2021).
5. Yanming Feng GPS RTK Performance Characteristics and Analysis. URL: <https://www.scirp.org/html/376.html> (дата обращения: 29.01.2021).
6. Inseop Um Configuring RTK-GPS Architecture for System Redundancy in Multi-Drone Operations. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9075221> (дата обращения: 29.01.2021).

УДК 628.8

В. В. Венскель

студент кафедры управления в технических системах

Ю. В. Литвинов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫМ КОТЛОМ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ

Введение

Микроклимат в помещении является основополагающим фактором здорового образа жизни человека и определяется многими физическими аспектами, такими как температура, влажность, концентрация вредных веществ и скорость движения воздуха (ветра) [1]. Представленные выше факторы дополняют друг друга с точки зрения чувства комфорта и необходимости в терморегуляции организма. Эти факторы определяют, чувствует ли человек «тепловой комфорт», то есть ощущение тепла или холода. Комфорт возникает, когда организму не требуется механизм терморегуляции. Это условие соответствует тепловой нейтральной зоне.

Состояние теплового комфорта можно описать как состояние, при котором организм не испытывает «нагрузки» – происходит удовлетворение климатом окружающей среды. Этому могут поспособствовать физические и биологические факторы. Достаточно сложно рассмотреть все необходимые условия, которые надо соблюдать, чтобы обеспечить состояние удовлетворенности климатом среды, потому как различные рабочие условия возникают в разных ситуациях. Даже одна и та же работа, выполняемая людьми, требует различные условия. Человеческое тело постоянно выделяет тепло в зависимости от его физической активности. Например, спящий человек может выделять в среднем около 80 Вт, а при больших физических нагрузках – около 300 Вт. Также особое внимание нужно обратить на географическое положение. Технические стандарты, регламентирующие температурные условия, необходимые для обеспечения чувства комфорта, применимы не ко всем субъектам из-за различных климатических условий, одежды, традиций.

Микроклимат формируется под влиянием окружающей среды, важной отличительной чертой является расположение и план здания и систем отопления, кондиционирования и вентиляции. Также в помещении на человека воздействуют тепловые условия и состав воздуха. Воздух, вдыхаемый людьми, может содержать большую концентрацию пыли, паров, вредных газов. В многоэтажных домах наблюдается сильный перепад давления воздуха снаружи здания и внутри.

Системы поддержания микроклимата в помещениях

Требуемый микроклимат в помещении создается следующими системами инженерного оборудования зданий: отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Системы отопления служат для создания и поддержания в помещениях в холодный период необходимых температур воздуха, то есть создают необходимый тепловой режим. Системы вентиляции предназначены для удаления из помещений загрязненного и подачу в них чистого воздуха [2]. При этом расчетная температура внутреннего воздуха не должна изменяться или должна контролироваться. Система вентиляции состоит из устройств для нагревания, увлажнения и осушения приточного воздуха.

Температура и влажность в помещении – важнейшие параметры, которые определяют состояние комфорта. В данной работе рассмотрены механизмы регулирования температуры воздуха на основе системы управления газовым котлом, осуществляющей поддержание в помещении комфортных условий для человека.

Объект исследования

В зависимости от выбранного вида топлива: газа, угля или дров – создаются специальные теплогенераторы (котлы) для систем индивидуального отопления. Статистические данные свидетельствуют о том, что из общего количества эксплуатируемых в России котлов около половины действуют

на газе, еще треть – на дизельном топливе, порядка 10 % – электрические и не более 5 % – твердо-топливные. По приведенным данным видно, что для России наиболее подходящим видом котла является газовый котел [3].

Газовый котел – устройство для получения тепловой энергии в целях отопления помещений (объектов) различного назначения, нагрева воды для хозяйственных и иных целей путем сгорания газообразного топлива. Газообразным топливом для газовых котлов чаще всего является природный газ – метан или пропан-бутан. На сегодняшний день во многих регионах природный газ является наиболее дешевым видом топлива [4]. При горении природный газ имеет свойство выделять углекислый газ (CO_2), но в сравнении с другими видами топлива показатель меньше на единицу доставляемого тепла. Большое количество коммерческих и промышленных предприятий используют котлы для производства пара или горячей воды для поддержания тепла в помещениях или для технологического отопления. Располагаются газовые котлы отопления в специально отведенных комнатах. Работают котлы как в системах автономного, так и централизованного отопления. Котлы можно устанавливать с насосными станциями и любыми насосами, обеспечивающими поступление воды в дом – для автономного отопления. Также специальные насосы используются в самих системах отопления для лучшего движения теплоносителя по системе.



Рис. 1. Типы газовых котлов [5]

Система газового котла отопления включает:

- Выход продуктов сгорания
- Теплообменник
- Камеру сгорания
- Модулируемую горелку
- Гидравлический модуль
- Панель управления



Рис. 2. Общий вид газового котла

Принцип работы газового котла довольно прост и заключается в том, что изначально подается топливо к котлу и включается розжиг, который в свою очередь поджигает запальник, он будет гореть постоянно. Подача газа к горелке при не горящем запальнике недопустима из-за возможности взрыва газа. От запальника загорается основная горелка, она греет теплоноситель в котле до заданной системой управления температуры, после чего автоматика отключает горелку. При падении температуры теплоносителя термодатчик термопара дает команду клапану на открытие подачи газа, и горелка зажигается снова.

Управление газовым котлом

Чтобы обеспечить комфортное проживание людей в доме и осуществить экономию их расходов на отопление, рассмотрим различные устройства и системы для автоматического управления котлом отопления, наиболее популярные из которых будут приведены далее.

Автоматическое управление котлом отопления предоставляет широкие возможности, такие как:

- Управление температурой в помещении непосредственно через пульт управления котлом, то есть непосредственно с панели терморегулятора. При этом пользователю нет необходимости постоянно подходить к теплогенератору, так как пульт управления можно смонтировать в удобном и доступном месте.
- Поддержание комфортных температурных условий, не зависящих от внешних тепловых факторов (падение наружной температуры, нагрев дома солнцем, присутствие большого количества людей). В помещении будет автоматически поддерживаться температура, заданная пользователем.
- Экономия энергоресурсов, топлива и увеличение срока службы работы отопительных приборов за счет уменьшения времени работы теплогенератора.
- Возможность автоматизации системы отопления и объединения ее в единую систему (контроллеры и умный дом).
- Контроль работы отопительного оборудования удаленно, возможность дистанционно управлять различными ее элементами, оперативное реагирование на внештатные ситуации (поломка, отключение света и т. д.) [6].

Возможна различная реализация системы управления отопительными котлами:

- Регулировка температуры отопления на панели котла
- Управление котлом с помощью комнатного термостата
- Терморегуляторы для удаленного управления котлом отопления
- Управление котлом в системе «умный дом»
- Управление котлом с функцией «OpenTherm»
- Погодозависимое управление отоплением
- Контроллер управления котлом

Заключение

В результате проведенного анализа были выявлены основные системы, которые влияют на микроклимат помещения: отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. В качестве объекта исследования внимание было сосредоточено на газовом котле, так как в России, газ – наиболее доступный и дешевый вид топлива. Были рассмотрены строение и устройство котла, а также применимые системы управления, регулируя которые можно поддерживать необходимый микроклимат в помещении.

Библиографический список

1. Hassan Y., Ramanathan G., Kovatsch M. Demo: developing smart environments in the internet of things with the semantic IDE // Proceedings of 2015 5th International Conference on the Internet of Things (IoT), Seoul, Korea, 2015. P. 1–2.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование (HVAC). URL: https://wikichi.ru/wiki/Heating,_ventilation,_and_air_conditioning (дата обращения: 24.01.2021).

3. Безопасный котел. URL:<https://www.forumhouse.ru/journal/articles/901-bezopasnyi-kotel> (дата обращения: 25.01.2021).

4. Газовый котел. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%82%D1%91%D0%BB (дата обращения: 25.01.2021).

5. Типы газовых котлов. URL:<https://obotoplenii.ru/kotly-otopleniya/typy-gazovykh-kotlov-otopleniya> (дата обращения: 26.01.2021).

6. Управление котлом отопления. URL: <https://termogorod.ru/stati/upravlenie-kotlom-otopleniy> (дата обращения: 27.01.2021).

УДК 614.8.084

Е. И. Верещагин

студент кафедры электромеханики и робототехники

В. Е. Белай – ассистент – научный руководитель

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И СПОСОБЫ РАЗВЕДКИ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ

На сегодняшний день доля естественных пожаров (от молний) составляет около 7–9 %, то есть возникновение большей части лесных пожаров связано с деятельностью человека. Основная проблема состоит в том, что лесных пожаров становится меньше, но сами пожары стали гораздо больше [1]. Официальная государственная статистика показывает, что сокращение количества пожаров не ведет к уменьшению их масштабов и вреда, наносимого природе. По официальным данным Рослесхоза количество лесных пожаров в последние годы уменьшается: в 2015 г. было 12,3 тыс., в 2016 г. – 11,0 тыс., в 2017 г. – 10,9 тыс. лесных пожаров [2]. Однако лесная площадь, пройденная пожарами, напротив, растет: если в 2015 г. огнем было охвачено 2,7 млн га, а в 2016 г. – 2,5 млн га, то в 2017 г. уже 3,3 млн га земли [2]. А за 20 лет площадь лесов, пройденных пожарами, выросла более, чем в два раза: еще в 2000 г. она составляла 1,3 млн гектар [2].

Данные космических спутников свидетельствуют, что июльские пожары 2019 г. превосходят по масштабам ежегодные летние пожары. Специалисты по лесным пожарам при оценке масштабов бедствий опираются на такой показатель, как термоточки. Одна термоточка отражает площадь возгорания. Каждая термоточка является центром одного километрового квадрата, в пределах которого происходит пожар. Это означает, что чем больше термоточек, тем больше интенсивность пожаров. По данным системы FIRMS (системы мониторинга лесных пожаров, основанной на спутниковых снимках), зафиксированное количество термоточек на карте России в июле 2019 г. превышает среднегодовые усредненные значения в период с 2001 по 2018 гг.

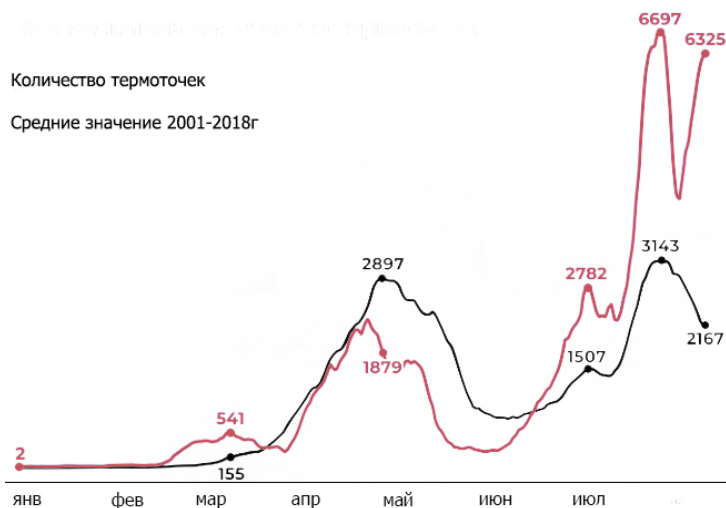


Рис. 1. График динамики термоточек в РФ за 2001–2018 гг.

По данным Рослесхоза за весь период лесных пожаров 2019 г. сгорело около 1 % лесного фонда России [2]. По данным региональных диспетчерских служб за весь год на конец ноября произошло 14 409 пожаров, пройденная огнем площадь оценивается в 10 078 млн га. Лидерами стали Дальневосточный (Красноярский край и Иркутская область – 5,9 млн га) и Сибирский (Республика Якутия – 4,1 млн га) федеральные округа [2].

С одного гектара горящего леса в атмосферу выбрасывается примерно от восьмидесяти до ста тонн дымовых частиц, где примерно десять-двенадцать тонн состоит из оксида углевода, окислы серы, окислы азота [1].

Важно отметить, что существует прямая необходимость работы противопожарных служб, служб контроля за соблюдением пожарной техники безопасности с непосредственным применением высокотехнологичного оборудования для своевременного выявления нарушений правил пожарной безопасности и оперативной разведки очагов возгорания и последующим проведением соответствующих мер по обеспечению безопасности.

Порядок ликвидации пожаров состоит из остановки пожара, его локализации, дотушивания и окарауливания, но при ликвидации массовых лесных и торфяных пожаров зачастую возникают осложнения, связанные с труднодоступностью районов тушения и удаленностью их от источников водоснабжения, нерациональностью, а порой и невозможностью привлечения автотранспорта для доставки воды. Именно для обеспечения своевременной разведки очагов возгорания, выявления потенциально пожароопасных участков МЧС РФ все чаще применяет беспилотную авиацию.

Основными задачам беспилотной авиации МЧС России являются [1]:

- 1) ведение воздушной разведки с целью доведения в масштабе времени близком к реальному до органов управления и сил МЧС России необходимой информации;
- 2) ведение длительного мониторинга пожароопасной, паводковой и ледовой обстановки;
- 3) воздушный поиск объектов заинтересованности, воздушное патрулирование заданных районов, контроль надводной обстановки;
- 4) воздушная разведка очагов природных и техногенных пожаров;
- 5) воздушная разведка зон подтопления;
- 6) контроль зон ЧС, определение границ района ЧС и точных координат объектов поиска;
- 7) воздушная разведка путей выдвижения оперативных групп и спасательных подразделений, определение путей эвакуации населения и пострадавших из зоны ЧС;
- 8) разведка погоды;
- 9) сопровождение, наведение и корректировка действий спасательных подразделений и мобильных поисковых групп;
- 10) ведение поисковых авиационных работ на водных акваториях, в лесных массивах, труднодоступных районах;
- 11) радиотехническая разведка для выявления абонентских терминалов сотовой и спутниковой связи, установления их местонахождения при выполнении поисковых работ;
- 12) оценка результатов применения авиационно-спасательных технологий в процессе ликвидации ЧС;
- 13) аэрофотосъемка заданных районов с последующей топографической привязкой фотоснимков для построения ортофотопланов заданных районов, создания трехмерных моделей местности, требуемого объекта, а также видео- и фотодокументирование объектов контроля для получения обзорных и детальных изображений.

Также необходимо отметить, что МЧС выделяет ряд специальных задач с применением беспилотной техники, среди которых:

- 1) обеспечение связи и ретрансляция данных;
- 2) оповещение населения об угрозе возникновения ЧС;
- 3) проведение замеров в районе химических и радиационных аварий;
- 4) доставка малогабаритных грузов (индивидуальных средств спасения, мед. аптечек и др.) в назначенное место.

Среди основных понятий и определений беспилотной авиации можно выявить [3]:

- 1) беспилотное воздушное судно (БВС) – воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешний пилот);
- 2) беспилотная авиационная система (БАС) – комплекс, включающий одно или несколько беспилотных воздушных судов, а также наземные технические средства и оборудование навигации и связи, используемые для управления полетом такого или таких воздушных судов;
- 3) система применения БАС – организованное использование (применение) стоящих на оснащении БАС, сил и средств управления ими, сбора, обработки и доведения до потребителей получаемой с помощью БВС информации, а также сил и средств всестороннего обеспечения их применения.

В настоящее время в системе МЧС России на оснащении реагирующих подразделений находится 1820 беспилотных авиационных систем (БАС), в том числе: 1688 единиц вертолетного типа, из них 132 единицы оснащены тепловизорами, 38 единиц самолетного типа [4].

По данным министерства чрезвычайных ситуаций в России на данный момент осуществляется массовая закупка и непосредственная эксплуатация передовых БАС модели Phantom 3 Advanced, Inspire 1 v2.0 [1].

БАС предназначена для воздушного мониторинга оперативной обстановки с радиусом действия в несколько километров. В режиме видеосъемки комплекс транслировать обзорную картину в состоянии зависания или панорамной съемки, а также производить сканирование местности по заданному маршруту.

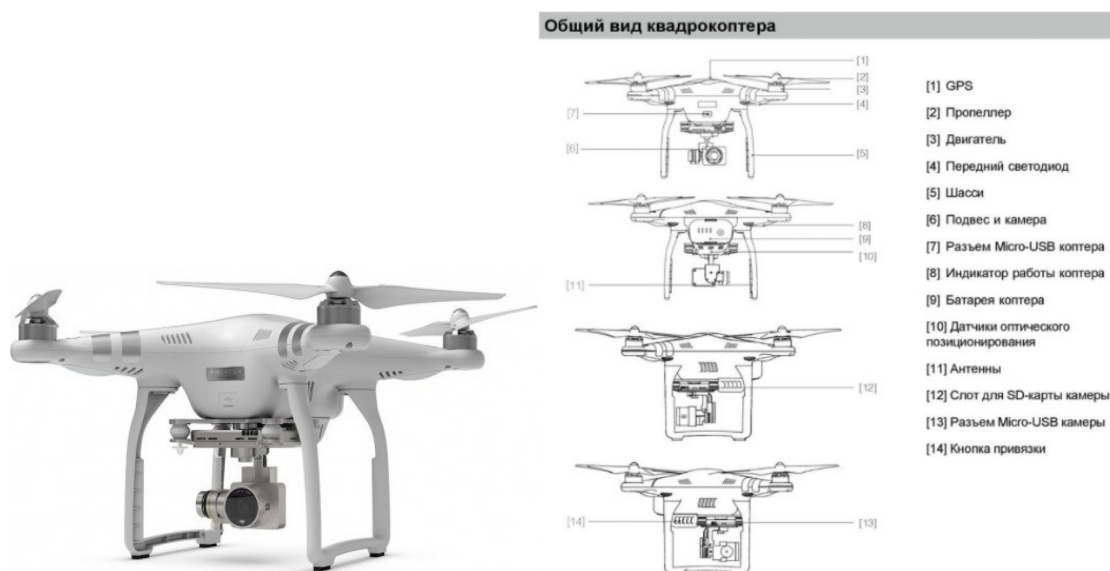


Рис. 2. БПЛА DJI – Phantom 3 Advanced

Таблица 1

Технические характеристики DJI – Phantom 3 Advanced

Наименование показателей	Показатель	
Вес (включая батарею и пропеллеры)	1280 г.	
Размер по диагонали (включая пропеллеры)	590 мм	
Макс. скорость взлета	5 м/с	
Макс. скорость приземления	3 м/с	
Точность полета	По вертикали:	+/- 10 см
	По горизонтали:	+/- 1 м
Макс. скорость полета	16 м/с	
Макс. высота полета	6000 м над уровнем моря	
Макс. дальность управления	2 км	
Полетное время	около 23 минут (официально)	
Емкость аккумулятора	4480mAh	
Температура рабочей среды	от 0 до 40 °C	
Поддержка систем навигации	GPS/ГЛОНАСС	

Рассматривая опыт применения беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России, можно сделать следующие обобщения: экономическая целесообразность применения беспилотных летательных аппаратов обусловлена простотой использования, возможностью взлета и посадки

на любой выбранной территории; оперативный штаб получает достоверную видео- и фотоинформацию, что позволяет эффективно управлять силами и средствами локализации и ликвидации ЧС; возможность передачи видео- и фотоинформации в реальном масштабе времени на пункты управления позволяет оперативно влиять на изменение ситуации и принимать правильное управленческое решение; возможность ручного и автоматического использования беспилотных летательных аппаратов [5].

Таблица 2

Характеристики карданной подвески и камеры DJI – Phantom 3 Advanced

Подвеска	3-осевая
Радиус контроля подвески	тангаж от -90 до +30°;
Сенсор	Sony EXMOR 1/2.3», 12,4 миллиона эффективных пикселей
Объектив	f/2.8 (20-мм эквивалент), 94° угол обзора
ISO	100–3200 (видео)
	100–1600 (фото)
Выдержка затвора	8 сек – 1/8000 сек
Макс. разрешение фотоснимков	4000×3000
Режимы фото	Отдельный снимок, 3/5/7 снимков
	Автоматический экспобрекетинг
	Таймлапс
Режимы видео	FHD: 1920x1080p (24/25/30/48/50/60 кадров в секунду)
	HD: 1280x720p (24/25/30/48/50/60 кадров в секунду)
Поддержка карточек памяти	SD/SDHC/SDXC MicroSD
	Максимальный объем: 64 GB. Скорость: Class 10 или UHS-1
Макс. битрейт видео	60 Мбит/сек
Поддерживаемые форматы файлов	Фото: JPEG, DNG
	Видео: MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
	Файловая система FAT32 или exFAT (FAT64)

Фактор времени является крайне важным при планировании и проведении мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. От своевременного получения информации о ЧС руководящим составом МЧС России разного уровня и от оперативного реагирования на происходящее во многом зависит уровень экономического ущерба от ЧС и количество пострадавших граждан. При этом для принятия соответствующих оперативных управленческих решений необходимо представление полной, объективной и достоверной информации, не искаженной или видоизмененной из-за субъективных факторов. Таким образом, дальнейшее внедрение беспилотных летательных аппаратов будет существенным образом способствовать восполнению информационных пробелов относительно динамики развития ЧС [5]. Крайне важной задачей является обнаружение возникновения ЧС. Применение только одних беспилотных летательных аппаратов может оказаться весьма эффективным для медленно развивающейся ЧС или ЧС в относительной близости от размещенных сил и средств по ее ликвидации. При этом в сочетании с данными, полученными от других технических средств космического, наземного или надводного базирования, могут быть детально представлены реальная картина предстоящих событий, а также характер и темпы их развития.

Библиографический список

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. URL: <https://www.mchs.gov.ru> <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 15.12.2020).

2. Федеральное агентство лесного хозяйства. URL: <http://rosleshoz.gov.ru> (дата обращения: 18.12.2020).
3. Применение робототехнических комплексов специального назначения: сб. трудов секции № 5. Предотвращение. Спасение. Помощь. М.: Академия гражданской защиты МЧС России, 2019. 142 с.
4. Техника для спецслужб. Бюро научно-технической информации. URL: <http://www.bnti.ru>. (дата обращения: 20.12.2020).
5. *Гарматий Н. И., Бела́й В. Е.* анализ возможностей робототехнических систем при ликвидации чрезвычайных ситуаций // Завалишинские чтения'20: Молодежная секция. СПб.: ГУАП, 2020. С. 90–95.

УДК 627.8.09

В. Г. Габель

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС

В наше время использование энергии водной стихии стало актуальным, как никогда. Прежде всего, конечно же, потому, что этот ресурс является возобновляемым и экологичным. Благодаря гидрологическому циклу вода регулярно возвращается в источники потенциальной энергии с помощью дождя, снега, водостока, исключая необходимость добывать, обрабатывать и транспортировать топливо, требуемое для работы электростанции. А водохранилища, создаваемые вокруг ГЭС, являются надежным источником пресной воды, используются для полива сельскохозяйственных угодий и разведения рыбы, а также, часто являясь удивительными образцами промышленной архитектуры, становятся объектами культурного наследия, местом для устройства арт-пространств и зон отдыха. Ввиду того, что в гидроэнергетике отсутствует необходимость в сжигании ископаемых видов топлива, при работе ГЭС нет вредных выбросов в атмосферу и загрязнения почвы [1].

Энергия, вырабатываемая ГЭС, дешевая, не зависит от погодных условий и времени дня, быстро адаптируется к изменяющимся требованиям, так как водоток, подводимый к турбинам, легко контролировать. Особенно актуально использование гидроэнергетики в труднодоступной и малонаселенной местности, где строительство систем централизованного энергоснабжения экономически невыгодно [2]. Возможность использования энергии даже небольших водных источников, отсутствие необходимости в громоздких сооружениях (а в некоторых случаях подходит реконструкция уже существующих плотин и старых объектов производства гидроэлектроэнергии, что также удешевляет процесс строительства), легкость в обслуживании – все это делает малые ГЭС одним из самых перспективных направлений в мировой энергетике [3].

Единогласно принятого международного определения для малых ГЭС нет. Как правило, к ним относят станции, верхний предел мощности которых варьируется от 10 до 30 МВт. Имеется деление также на мини-ГЭС (<500 кВт) и микро-ГЭС (<100кВт).

Принцип работы малой ГЭС такой же, как и у больших электростанций. С помощью водозаборного устройства поток воды подается на лопасти гидравлической турбины, вращая их. Затем вращательное движение турбины передается на вращательное движение генератора, который вырабатывает электрический ток. Турбина, соединенная с генератором, называется гидроагрегатом ГЭС. Характерными его параметрами являются напор и мощность. Основным параметром турбины является диаметр колеса. Для малых турбин его размер составляет 1,5–2,5 м [4].

Как правило, на современных малых ГЭС используется три вида турбин в зависимости от принципа подвода и прохождения потока по рабочему колесу:

- Осевые (турбина Каплана и пропеллерная турбина)
- Радиально-осевые (турбина Френсиса)
- Ковшовые (турбина Пелтона)

Области применения перечисленных турбин в зависимости от параметров водотока представлены на рис. 1.

Осевые турбины применяются при малых напорах воды от 1–3 до 60–70 м. Чем выше напор, тем больше количество лопастей на рабочем колесе турбины (при напоре 5–20 м устанавливается 4 лопасти, а при напоре от 20 до 60 м их 5–8). Различают пропеллерные и поворотно-лопастные турбины. В случае если лопасти закреплены неподвижно под некоторым углом, турбину называют пропеллерной. Если же в зависимости от нагрузки, напора воды угол наклона лопастей меняется, то турбины называют поворотно-лопастными. Эффективно использование таких турбин при мало изменяющихся параметрах потока воды, как правило, на равнинных реках с сильными колебаниями уровней верхнего и нижнего бьефа. На рис. 2 представлено рабочее колесо поворотно-лопастной турбины.

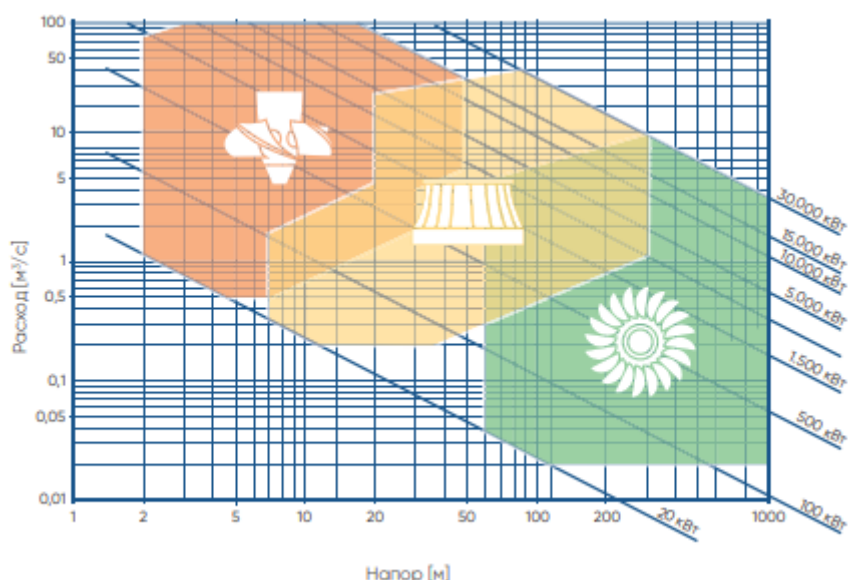


Рис. 1. Области применения турбин в зависимости от параметров водотока



Рис. 2. Рабочее колесо поворотно-лопастной турбины

В радиально-осевых турбинах поток движется сначала радиально от периферии к центру, а затем в осевом направлении на выход. Здесь, в отличие от поворотно-лопастных турбин, лопасти колеса установлены неподвижно, что упрощает конструкцию и делает ее эксплуатацию более долгой и надежной, но в то же время приводит к наличию зон с низким КПД [5]. Обычно такие турбины строят у основания плотины, целиком располагая их под водой, а поток к ним подводится через открытые или закрытые спиральные камеры (рис. 3).

Особенности конструкции:

- вертикальная и горизонтальная компоновка;
- высокий КПД: до 96 %;
- работа в режиме синхронного компенсатора;
- качественные самосмазывающиеся подшипники (параметры лучше, чем у классических подшипников из бронзы);
 - специальное высокотехнологичное покрытие рабочих колес для станций с сильным абразивным воздействием;
 - использование современных решений и материалов, улучшающих эксплуатационные и энергетические характеристики;
 - экологичность оборудования, исключение попадания масла в воду.



Рис. 3. Радиально-осевые турбины

Ковшовые турбины (рис. 4) применяются на самых больших напорах воды. Как правило, в горной местности, где использование других видов турбин невозможно. На рабочем колесе закрепляются двояковогнутые лопатки с лезвием посередине, задача которого – разделять струю воды. Конструктивные формы ковшовых турбин очень разнообразны и могут различаться по расположению вала (вертикальные и горизонтальные) и по числу сопл и рабочих колес на одном валу. В отличие от остальных видов турбин, колесо работает на открытом воздухе, а не под водой.

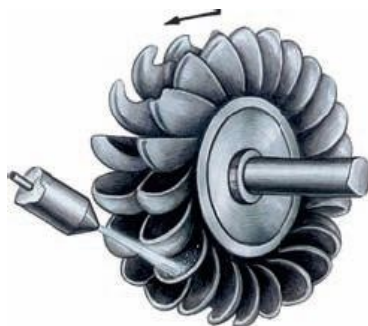


Рис. 4. Ковшовая гидротурбина

Еще один также использующийся в мини-ГЭС тип турбин – проточная турбина Оссбергера.

Рабочий диапазон турбины Оссбергера:

Высота перепада: $H = 3 \dots 200$ м;

Расход воды: $Q = 0,03 \dots 13$ м³/сек.;

Мощность: $N = 5 \dots 3\,000$ кВт.

В основе ее устройства – горизонтальная ось с закрепленным на ней цилиндрическим колесом, на котором установлено множество лопастей. Края их заточены для уменьшения сопротивления, вода подается через сопло тангенциально.

Направляют и разделяют поток две плотно прилегающие к корпусу лопатки. При низком уровне воды они также могут служить клапанами между затвором и турбиной, перекрывая подачу воды. При изменяющемся потоке воды турбина устанавливается как двухкамерная (рис. 5). При этом соотношение камер 1:2. Меньшая камера обрабатывает небольшой расход воды, а большая – средний расход. Таким образом, обе камеры обрабатывают полный расход воды.

Преимущество этого типа турбин в достаточно высоком КПД при частичной нагрузке, что делает наиболее эффективным их применение на небольших реках, в системах водоснабжения, в очистных сооружениях.

Относительно новое изобретение – шнековые или винтовые турбины Архимеда (рис. 6). Вода течет через канал в желоб винтовой турбины. Под собственным весом вода воздействует на лопасти ротора/винта турбины и приводит их к вращению, превращая потенциальную энергию водотока в механическую (вращательную), которая передается через редуктор/генератор для производства электрической энергии. Конструкция турбины компактна, для нее не требуется специальный регулятор. Все, что

нужно, – это аварийный затвор и перелив из желоба, в котором расположен винт. Винтовые турбины чаще всего применяются на водных каналах с малым напором воды. Их ставят возле водосливов (дамб), рек или непосредственно прямо на водосливах. Винтовые турбины часто служат дополнительными турбинами на участках, где уже установлены обычные турбины [6].

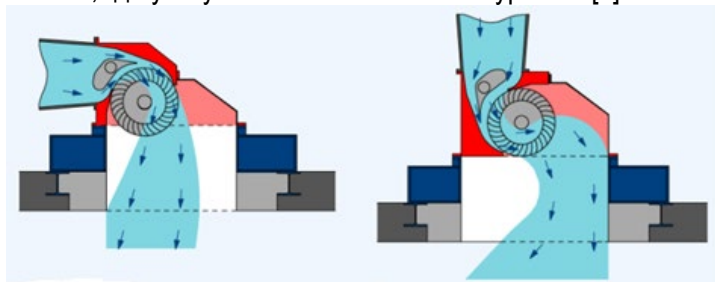


Рис. 5. Двухкамерные проточные турбины

Параметры турбин:

- Мощность: до 300 кВт
- Расход турбины: 0,1–6,5 л-с-1
- Разность уровней воды: 1,1–36 м
- Угол наклона: 19–36°

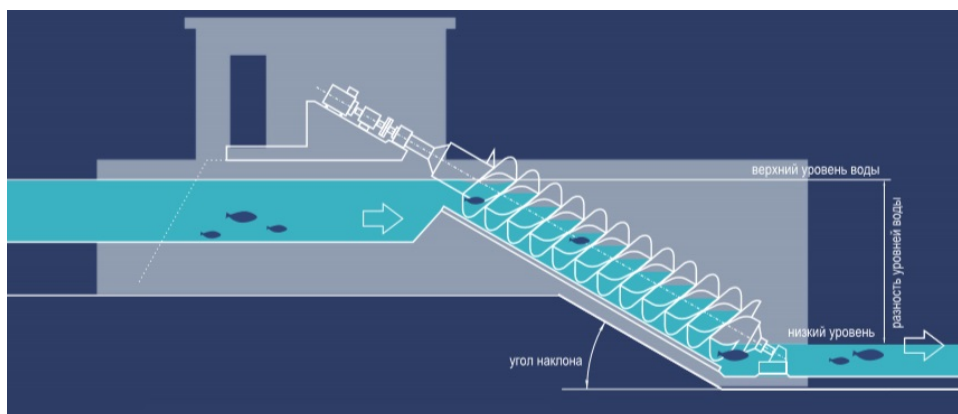


Рис. 6. Шнековая турбина

Заслуживает внимания необычный проект под названием «АэроГЭС» (рис. 7), который стартовал в 2015 г. на портале <https://planeta.ru/campaigns/airhes>. Его создатель А. Казанцев призывает подумать над решением проблем нехватки энергетических и водных ресурсов, плохой экологии и спасения климата на планете путем использования «энергии облаков». Он предлагает использовать потенциальную энергию осадков до их падения на землю, собирая воду на той высоте, где она конденсируется (рис. 7).

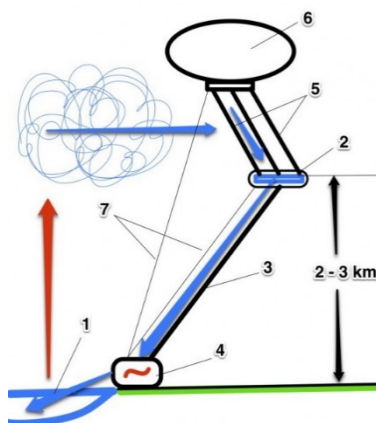


Рис. 7. Схема работы Аэро ГЭС

Аэростат (дирижабль) 6 поднимает поверхности 5 на высоту вблизи или выше точки росы для данных атмосферных условий (обычно это 2–3 км – линия конденсации или база облаков на аэрологической диаграмме). Там переохлажденная атмосферная влага начинает активно конденсироваться (или собираться из облаков) на поверхностях 5. Дренажная система на поверхностях 5 отводит эту воду в небольшой резервуар (верхний бьеф 2), откуда вода под напором всего перепада высот (2–3 км) поступает по напорному или безнапорному водоводу 3 в нижний бьеф 1 на земле, производя электроэнергию в турбогенераторе 4.

Сравнительные характеристики различных типов гидравлических турбин для малых ГЭС показаны в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики различных типов гидравлических турбин для малых ГЭС

Параметры	Осевые поворотно-лопастные	Дигональные	Пропеллерные	Радиально-осевые	Ковшовые
Напор, м	5–80	40–120	2–70	40–500 (крупные) 2–200 (малые)	300–1700 (крупные) 40–250 (малые)
Диаметр рабочего колеса, м	1–10,5	2,2–7,65	0,35–9,0	0,35–8,5	0,35–5,2
Мощность, кВт	До 250 000	До 350 000	До 150 000	До 800 000	До 250 000

Отмеченные свойства турбин имеют большое практическое значение. Если по условиям работы ГЭС мощность турбин должна изменяться в широком диапазоне, то предпочтительно ставить поворотно-лопастные турбины, которые в этих условиях меньше снижают КПД, чем радиально-осевые, что в итоге дает повышение выработки энергии ГЭС. Но если имеется возможность при мало изменяющейся нагрузке, могут оказаться более целесообразными более простые радиально-осевые и даже пропеллерные турбины.

Характеристики и особенности эксплуатации гидротурбины для малой ГЭС [7]:

- Температура воды, которая подается в турбину, должна превышать +4 °С.
- Температура, которая должна быть в блоковом модуле +15 °С и выше.
- Звуковое давление, источник которого находится за 1 м от гидротурбины, составляет 80 дБ и не более.
- Наружная поверхность гидротурбины должна быть разогрета до температуры не выше +45 °С при условии, что температура воздуха вокруг +25 °С.
- Корпус любой гидротрубины изготавливается из стали конструкционного типа, она прочная и надежная. Затраты на материалы, строительство значительно снижены по сравнению с гидротурбинами для обычных ГЭС. Некоторые детали изготавливаются из нержавеющей стали (корпус, трубопроводы).

Производством оборудования для мини ГЭС занимается ограниченное количество предприятий как в нашей стране, так и за рубежом. Объясняется это ограниченностью применения малых гидроэлектростанций, обусловленной малым наличием необходимых водных объектов, а также тенденциями развития энергетики в разных странах.

Из зарубежных фирм, успешно работающих в этой области бизнеса, можно выделить [8]:

- «CINK Hydro-Energy», Чехия – выполняет весь комплекс работ от проектирования и поставки оборудования, до монтажа и запуска установок в работу.
- «Microhydropower», Китай – производит и реализует комплекты оборудования для небольших установок бытового применения.

- Инженерно-техническая фирма ООО «Гидропоника», Кыргызстан. Компания производит и реализует гидрогенераторы для малых ГЭС.

В России на этом рынке работают:

- ООО «АЭнерджи», г. Москва. Компания занимается поддержкой развития альтернативных источников энергии. В области малой энергетики компания предлагает весь спектр услуг от проектирования до сервисного обслуживания сданных установок.

- Межотраслевое научно-техническое объединение «МНТО ИНСЭТ», г. Санкт-Петербург. Фирма занимается проектированием и разработкой оборудования для мини ГЭС, изготовлением и монтажом своей продукции. В линейке выпускаемой продукции имеется: мини ГЭС с пропеллерным рабочим колесом мощностью от 5,0 до 100 кВт; мини ГЭС с диагональным рабочим колесом, мощностью 20 кВт; мини ГЭС с ковшовым рабочим колесом мощностью до 180 кВт; гидроагрегаты для малых ГЭС.

- Компания «НПО Инверсия», г. Екатеринбург. Фирма производит оборудование и комплекты мини ГЭС мощностью до 10 кВт.

Библиографический список

1. *Сибикин Ю. Д.* Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие для вузов. М.: Кнорус, 2010.
2. *Волков Д. А., Солёная О. Я., Солёный С. В.* Возобновляемы и нетрадиционные источники энергии: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2020. 121 с.
3. *Обрезков В. И.* Гидроэнергетика: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Энергоиздат, 1981. 608 с.
4. Малая и микро-гидроэнергетика. URL: <http://www.microhydro.ru/> (дата обращения: 30.01.2021).
5. Радиально-осевые гидротурбины. URL: <https://www.tyazhmash.com/products/hydro/hydraturbines/francis/> (дата обращения: 25.01.2021).
6. Шнековые гидротурбины. URL: https://tisys.ru/services/catalog/specialniye_nasosiy/shnekovye-vintovye-nasosy-gess-cz (дата обращения: 25.01.2021).
7. Бесплотинная ГЭС Николая Ленева – будущее сибирских рек? URL: <https://www.plotina.net/ges-lenev/> (дата обращения: 28.01.2021).
8. Каково будущее гидроэнергетики? Увеличение мощности гидравлических турбин для покрытия пиковых потребностей в электроэнергии. URL: <https://www.soften.com.ua/blogs/ansys/future-of-hydropower.html> (дата обращения: 28.01.2021).

УДК 004.93:338.46Т

Р. М. Газизуллин

ученик 11 класса МОУ «Шумиловская СОШ»

Ю. И. Рубцова, А. Е. Рогозин – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

Введение

Искусственные нейронные сети (ИНС) – это совокупность моделей биологических нейронных сетей, представляющих собой сеть искусственных нейронов, связанных между собой синаптическими соединениями. Сеть обрабатывает входную информацию и в процессе изменения своего состояния во времени формирует совокупность выходных сигналов [1].

ИНС играют важную роль в современном мире. Нейронные сети находят применение практически во всех областях производства и сферы услуг. В робототехнике нейронные сети позволяют решать широкий набор задач, таких как: ориентация в пространстве; локализация; определение расстояний; задачи по распознаванию различных объектов; задачи по обнаружению людей, распознаванию их лиц и анализу эмоций, информационный поиск, обучение и т. д.

Основные направления применения нейронных сетей и нейрокомпьютеров

Потенциальными областями применения НС являются те, в которых человеческий интеллект малоэффективен, а традиционные вычисления трудоемки [2]. Актуальность применения нейронных сетей многократно возрастает, когда появляется необходимость решения плохо формализованных задач. На рисунке ниже представлены типовые задачи, которые можно решить с использованием нейронных сетей.

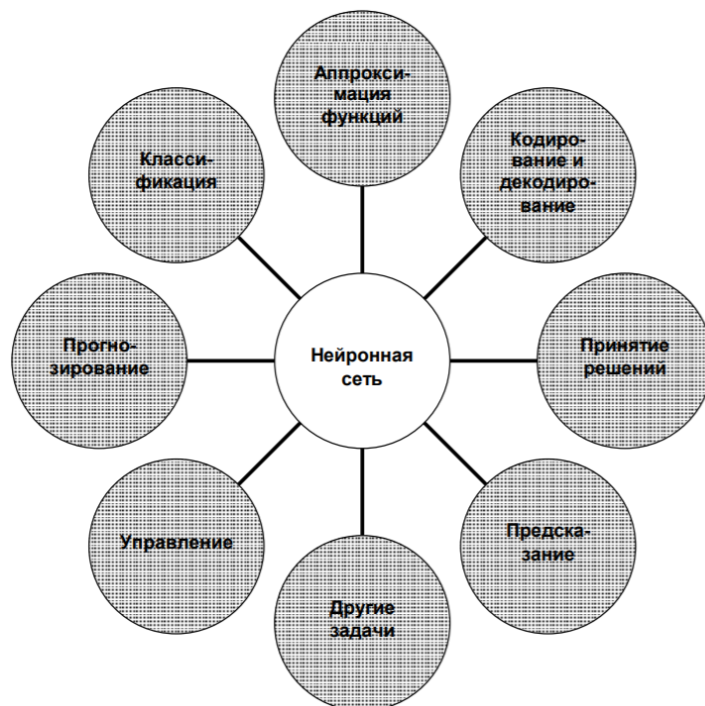


Рис. 1. Типовые задачи, решаемые с помощью НС [2]

Нейронные сети демонстрируют свою способность решать сложные задачи. Типовые задачи [3], которые решаются с использованием нейронных сетей и нейрокомпьютеров, следующие (рис. 1):

- автоматизация процесса классификации;
- автоматизация прогнозирования;

- автоматизация процесса предсказания;
- автоматизация процесса принятия решений;
- управление;
- кодирование и декодирование информации;
- аппроксимация зависимостей и др.

Обзор областей применения

Проектирование и оптимизация сетей связи

С использованием нейросетевых моделей успешно решается задача нахождения оптимального пути трафика между узлами. Учитываются две особенности: во-первых, решение должно быть адаптивным, то есть учитывать текущее состояние сети связи и наличие сбойных участков, а во-вторых, оптимальное решение необходимо находить в реальном времени [2]. Кроме управления маршрутизацией потоков НС используются также для получения эффективных решений в области проектирования новых телекоммуникационных сетей.

Управление ценами и производством

Нейросетевая система (компания Neural Innovation Ltd.), которая предназначена для планирования затрат при издании газет, обнаруживает сложные зависимости между затратами на рекламу, объемами продаж, ценой, ценами конкурентов, днем недели, сезоном и т. д. В результате использования системы осуществляется выбор оптимальной стратегии издательства с точки зрения максимизации объема продаж или прибыли [2].

Распознавание речи

Распознавание речи является одной из наиболее популярных областей применения НС. Демонстрационная система для дикторо-независимого речевого управления встроенным калькулятором Windows (Российская компания Нейропроект) способна распознавать 36 команд, сказанных в стандартный микрофон. Для классификации слов используется двухкаскадная иерархическая нейронная сеть, где первый каскад состоит из одного персептрона (1000 входов, 24 нейрона в скрытом слое, 6 выходов), а второй каскад – из 6 персептронов с различными параметрами слоев [2].

Распознавание символов

Существует несколько классов алгоритмов, направленных на распознавание символов, однако все они требуют качественного входного изображения. Нерезкое изображение с большим количеством шумов будет распознано неправильно с большей вероятностью, чем высококонтрастное изображение без шумов [4]. Также на качество распознавания влияют наклон и размер символов. В настоящее время наиболее часто встречаются методы распознавания образов, представленные в работах [5], [6].

Искусственный нос

Человеческий нос стал объектом исследования ученых и инженеров, специализирующихся в области высоких технологий и пытающихся понять, как нос функционирует. Такой повышенный интерес к обонятельной системе человека возник в связи с последними достижениями в области проектирования электронного (искусственного) носа. В классическом понимании электронный нос представляет собой мультисенсорное цифровое устройство, предназначенное для анализа содержимого воздушной среды путем классификации запахов. Несмотря на то, что электронный нос сегодня не способен заменить человеческую обонятельную систему, сфера применения данной технологии достаточно широка [2]. На рисунке ниже представлен принцип действия искусственного носа.

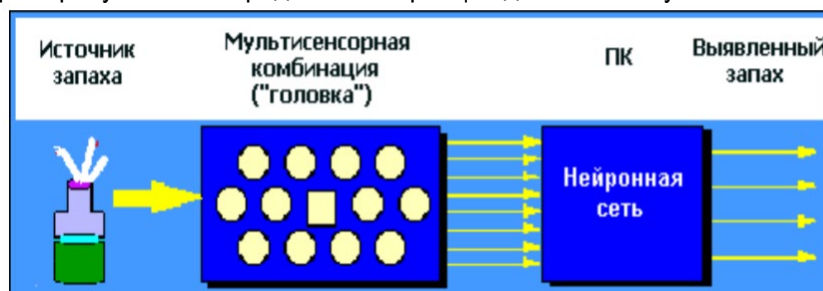


Рис. 2. Принцип действия искусственного носа [2]

Далее рассмотрим некоторые примеры применения ИИ в повседневной жизни.

Смартфоны

Смартфоны стали самым незаменимым технологическим продуктом в настоящее время. От очевидных функций ИИ, таких как встроенные умные помощники, до не столь очевидных, таких как портретный режим в камере, ИИ влияет на нашу повседневную жизнь каждый день [7].

В настоящее время все больше и больше производителей включают ИИ в свои смартфоны, а крупные производители чипов, включая Qualcomm и Huawei, производят чипы со встроенными возможностями ИИ. Интеграция ИИ помогает в создании таких функций, как обнаружение сцен, смешанные и виртуальные элементы реальности и многое другое. ИИ будет играть еще большую роль в ближайшие годы.

Также без ИИ не обходятся и современные клавиатуры. Интеграция ИИ сделала их гораздо более интуитивно понятными, позволяя пользователям печатать удобно и быстрее. Приложения smart keyboard изучают стиль письма пользователя и, соответственно, предсказывают слова и эмодзи. Благодаря этому печатать на сенсорном экране стало быстрее и удобнее. Не говоря уже о том, что ИИ также играет жизненно важную роль в выявлении орфографических ошибок и опечаток.

Умные автомобили и беспилотники

Говоря об ИИ, нет лучшего и более заметного проявления этой технологии, чем то, что делают с ней производители умных автомобилей и беспилотных летательных аппаратов. Всего несколько лет назад использование полностью автоматического автомобиля было мечтой, однако сейчас такие компании, как Tesla, добились такого прогресса, что у нас уже есть парк полуавтоматических автомобилей на дороге [8].

Такие компании, как Amazon и Walmart, активно инвестируют в программы доставки дронов, и это станет реальностью гораздо раньше, чем вы ожидаете. Если вы думаете, что это надуманно, обратите внимание, что военные во всем мире уже используют успешные программы беспилотников.

Автомобили Tesla – яркий пример того, как ИИ влияет на нашу повседневную жизнь. Знаете ли вы, что все автомобили Tesla связаны между собой и то, что ваш автомобиль узнает, является общим для всех автомобилей? Это означает, что если вам пришлось неожиданно резко повернуть налево на перекрестке, все автомобили Tesla будут знать, как маневрировать этим поворотом после того, как они будут обновлены. По дорогам США уже ездит более 500 000 автомобилей Tesla, и это число будет быстро расти после того, как Tesla наладил работу заводов.

Интернет-реклама

Одной из крупнейших отраслей, где применяется ИИ является индустрия онлайн рекламы, которая использует ИИ не только для отслеживания статистики пользователей, но и для показа нам рекламы, основанной на этой статистике. Без ИИ индустрия онлайн-рекламы просто потерпит неудачу, так как она будет показывать случайные объявления пользователям без связи с их предпочтениями, что так когда-либо. ИИ стал настолько успешным в определении наших интересов и обслуживании американской рекламы, что глобальная индустрия цифровой рекламы пересекла 250 млрд долларов США, а промышленность, по прогнозам, преодолеет отметку в 300 млрд в 2019 г. Поэтому в следующий раз, когда вы посещаете различные сайты в Интернете и видите рекламу или рекомендации по продукту, вы будете знать, что эти рекомендации сделаны при помощи ИИ на основе ваших интересов.

Интернет-почта

Кажется, что почтовый ящик, это место, где вряд ли встретится ИИ, но на нем работает одна из самых важных функций, а именно фильтр спама. Простые фильтры на основе правил не эффективны против спама, потому что спамеры могут очень быстро обновлять свои сообщения, чтобы обойти их. Поэтому спам-фильтры должны постоянно изучать примеры спам-сообщений, чтобы с высокой точностью выявлять те письма, в которых есть различных сигналы, такие как постановка слов в сообщении, стиль написания, метаданные сообщения (откуда оно отправлено, кто его отправил и т. д.) [9].

Также такие фильтры должны учитывать персональные предпочтения пользователей. Ведь одним могут приходить ежедневные сообщения с работы, которые очень важны для них, а другим различные рассылки, которые только засоряют ящик. Поэтому ИИ должен анализировать содержание сообщений, а также остальные входящие сообщения, чтобы понять, что сам пользователь считает

спамом. Так, например, благодаря использованию определенных алгоритмов машинного обучения Gmail успешно фильтрует 99 % спама.

Google использует аналогичный подход для классификации ваших писем по основным, социальным и рекламным почтовым ящикам, а также для маркировки писем как важных. В исследовательской статье под названием «Обучение за приоритетным почтовым ящиком Gmail» Google описывает свой подход к машинному обучению и отмечает «огромную разницу между предпочтениями пользователей в отношении объема важной почты». Таким образом, ИИ необходимо некоторое ручное вмешательство пользователей, чтобы настроить их порог. Когда пользователь отмечает сообщения в последовательном направлении, алгоритм выполняет приращение в реальном времени к их порогу. «Каждый раз, когда вы отмечаете электронное письмо как важное, Gmail учится. Исследователи проверили эффективность Priority Inbox на сотрудниках Google и обнаружили, что те, у кого есть Priority Inbox, тратят на 6 % меньше времени на чтение электронной почты в целом и на 13 % меньше времени на чтение неважной электронной почты».

Google считает, что почтовый ящик с ИИ может самостоятельно отвечать на некоторые регулярные сообщения, именно поэтому в 2015 г. она представила smart reply toInbox – интерфейс электронной почты нового поколения. Smart reply использует машинное обучение для автоматического предложения трех различных кратких (но индивидуальных) ответов на электронное письмо. По состоянию на начало 2016 г. 10 % электронных писем пользователей мобильных почтовых ящиков были отправлены через smart reply. В ближайшем будущем smart reply сможет давать все более сложные ответы. Google уже продемонстрировала свои намерения в этой области с помощью Allo, новое приложение для обмена мгновенными сообщениями, которое может использовать smart reply для представления как текстовых, так и эмодзи-ответов.

Интернет-магазины

Ваши поисковые запросы Amazon («праздничный набор посуды», «зарядное устройство», «гладильная доска» и т. д.) быстро возвращают список наиболее релевантных продуктов, связанных с вашими поисковыми запросами. Amazon не раскрывает точно, как она это делает, но в описании своей технологии поиска продуктов отмечает, что алгоритмы «автоматически учатся сочетать несколько функций релевантности. Структурированные данные нашего каталога предоставляют нам множество таких релевантных функций, и мы учимся на прошлых моделях поиска и адаптируемся к тому, что важно для наших клиентов».

Вы видите рекомендации интересующих вас продуктов как «клиенты, которые просмотрели этот товар, также просмотрели», и как «клиенты, которые купили этот товар, также купили», а также через персонализированные рекомендации на домашней странице, в нижней части страниц товара и по электронной почте. Amazon использует искусственные нейронные сети для генерации этих рекомендаций по продуктам.

Amazon не раскрывает, какая доля ее продаж приходится на рекомендации, но исследования показали, что рекомендатели увеличивают продажи (в этом связанном исследовании на 5,9 %, но в других исследованиях рекомендатели показали увеличение продаж до 30 %) и что рекомендация продукта имеет тот же вес продаж, что и увеличение среднего рейтинга на две звезды (по пятизвездочной шкале) [9].

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что чем бы мы не занимались в Интернете, мы, даже того не подозревая, пользуемся возможностями ИИ. Независимо от того, пользуемся ли мы смартфонами, занимаемся серфингом в Интернете, покупаем продукты онлайн, пользуемся навигацией, тратим время на социальные сети, ИИ так или иначе влияет на наш выбор.

Даже не зная точного будущего, совершенно очевидно, что ИИ скоро будет заменять еще больше повседневной рутины. Эти взаимодействия, безусловно, помогут нашему обществу ускорить развитие, особенно автоматизация транспорта, выполнение опасных обязанностей роботами, решение проблемы изменения климата и улучшения ухода за старшими. Помимо этих воздействий, есть еще больше способов, с помощью которыми технология ИИ может повлиять на наше будущее, и именно этот факт заставляет профессионалов во многих отраслях чрезвычайно радоваться постоянно растущему будущему ИИ.

Библиографический список

1. Заенцев И. В. Нейронные сети: основные модели. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1999. 76 с.
2. Круг П. Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры. М.: МЭИ, 2002. 176 с.
3. Уссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. М.: Мир, 1992. 184 с.
4. Вальке А. А., Лобов Д. Г. Алгоритмы распознавания символов // Динамика систем, механизмов и машин. 2018. Т. 6. № 4.
5. Афанасенко А. В., Елизаров А. И. Обзор методов распознавания структурированных символов // Доклады ТУСУРа. 2008. № 2. Ч. 1. С. 83–88.
6. Гайдуков Н. П., Савкова Е. О. Обзор методов распознавания рукописного текста // Информационно-управляющие системы и компьютерный мониторинг-2012: междунар. науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2012. С. 475–479.
7. Artificial Intelligence Is Now a Part of Everyday Life. URL: <https://www.thealternativedaily.com/artificial-intelligence-part-of-life/> (дата обращения: 26.03.2021).
8. Rachit Agarwal, 15 Examples of Artificial Intelligence You're Using in Daily Life. URL: <https://beebom.com/examples-of-artificial-intelligence/> (дата обращения: 26.03.2021).
9. Every Examples of Artificial Intelligence and Machine Learning. URL: <https://emerj.com/ai-sector-overviews/everyday-examples-of-ai/> (дата обращения: 26.03.2021).

УДК 004.93:338.46Т

С. Ю. Горбачук

ученик 10 класса ГБОУ гимназии № 587

Ф. А. Назаренко, А. В. Статкевич, Е. В. Степанцов – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители**РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ В ВИРТУАЛЬНОМ АССИСТЕНТЕ**

Классификация звуков – это процесс осознанного сравнения полученных компьютером звуковых данных с уже имеющимися примерами для узнавания информации о нем. Для виртуальных ассистентов этот процесс крайне важен потому, что распознавание речи (и, следовательно, команд) значительно упрощает взаимодействие пользователя и программы, а без классификации единиц звука это невозможно.

Начать стоит с восприятия компьютером звуковой информации. Она является набором множественных колебаний, которые именуются волнами, а они в свою очередь имеют такие характеристики как амплитуда и частота. Для восприятия компьютером наш сигнал делится на множество блоков, для которых берется усредненное значение для каждого из них, а это вполне пригодный для обработки набор чисел.

Задача понимания машиной звуков сводится к обработке полученных числовых данных и их сопоставление с имеющейся у него базой данных. И если с получением звука и его кодировкой все понятно, то для процесса классификации нужно разобраться в механизме обработки звука.

Сначала сегментируем нашу аудиодорожку на малые временные промежутки, а затем разместим их так, чтобы начало одного совпадало с концом другого. Такие сегменты анализировать много удобнее, ведь они представляются промежутками, а подобное наложение позволяет создать некоторый участок, который движется приближенно к изначальной функции.

Для установления оптимальных параметров были проведены эксперименты в программе созданной на я. п. Python с несколькими файлами типа .wav, в результате чего было установлено, что оптимальная длина временного промежутка: 11–13 мс, а совмещение сегментов должно происходить примерно на 50 %.

Далее необходимо отличить, в какой момент звук есть, а в какой мы имеем лишь тишину. Для этого используем метод, высчитывающий энтропию. При том высчитывать ее будем для каждого сегмента. Если считать наш сигнал нормированным для данного действия, то построив гистограмму, можно рассчитаем энтропию по формуле (1).

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} P[i] * \log_2(P[i]). \quad (1)$$

Значение энтропии необходимо с чем-то сравнивать. Для удобства использования энтропию допустимо принять за константу и считать равной примерно 0,1 [1]

Затем необходимо разбить сегменты на отдельные элементы. Для этого используем преобразование Фурье. Звуковая волна раскладывается на составляющие ее простые волны, после значения мощности звука в каждой из них складываются [2]. Конечным результатом является оценка важности каждого частотного диапазона от низких частот до высоких. Теперь в нейросеть могут поступать короткие фрагменты длиной около 18 мс, которые пригодны для распознавания в них звуков.

После рассмотрения теоретической части исследуем практический пример. Для реализации распознавания звуков использовать экспертную систему неразумно, из-за большого количества звуков и их вариаций. Для решения этой проблемы была задействована нейросеть, которая может обучаться, различать необходимую информацию.

Анализ нейросети на я. п. Python

Рассмотрим распознавание речи. Для обучения нейросети была взята открытая база данных с записанными речевыми фрагментами. После восприятия сказанного нами и обработки по приведенным выше алгоритмам наша нейросеть получит набор числовых значений, которые представляют

собой последовательность звуков и промежутков тишины, наиболее вероятно классифицирующее то, что мы только что произнесли.

Пример: ПРРРИИИ__ВВВ_ВЕЕЕЕЕТ, ПРРРЕЕЕ__ВВВ_ВЕЕЕЕЕД, ПРРРИИИ__УУУ_УУЭЭЭТ, ПРРИИ__ВВ_ЕЕТ [3]

Затем одинаковые звуки, стоящие рядом, совмещаются, а пробелы убираются, и мы получаем три наиболее вероятных варианта сказанного. После сравнения с имеющимся словарями будет получено, что мы сказали: «привет».

Различие элементов речи в нейросети сводится к формализации входящего звука, его обработки и классификации с уже имеющимся словарем.

Мы получаем желаемый результат по части распознавания речи с различными отклонениями от определенного стандарта. На рис. 3–6 приведен пример произношения слова «привет» в различных вариациях.

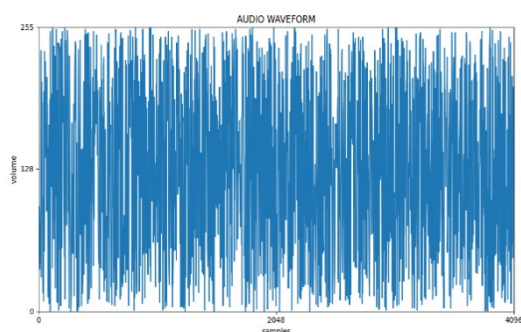


Рис. 3. Произношение слова
«ПРРРИИИ__ВВВ_ВЕЕЕЕЕТ»

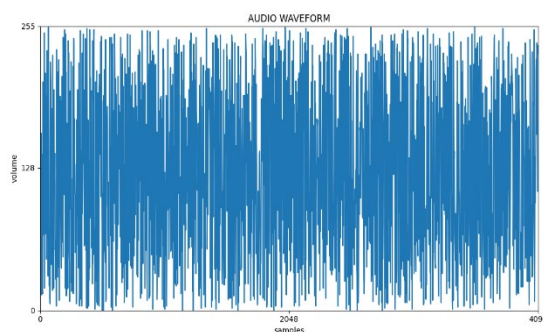


Рис. 4. Произношение слова
«ПРРРЕЕЕ__ВВВ_ВЕЕЕЕЕД»

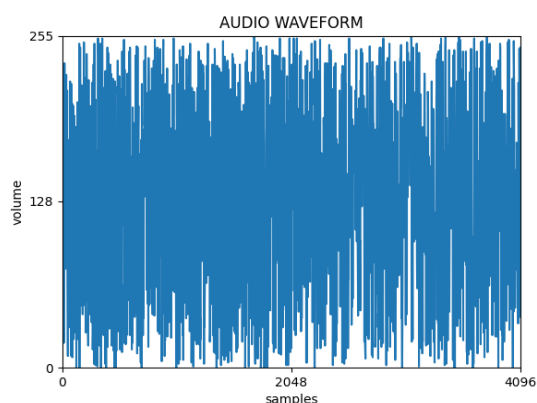


Рис. 5. Произношение слова
«ПРРРИИИ__УУУ_УУЭЭЭТ»

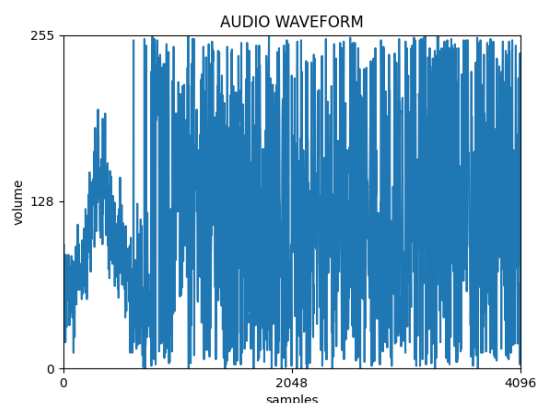


Рис. 6. Произношение слова
«ПРРИИ__ВВ_ЕЕТ»

Перейдем к распознаванию звуков. Процесс их распознавания отличается от распознавания речи тем, что здесь нет словарей и четкой классификации. Рассмотрим это на примере хлопков. При ударе ладонью о дерево, мы получим звук отличный от удара двух ладоней. Появляется необходимость переобучения нейросети и создания «словаря звуков». На рис. 7, 8 представлены графики при хлопке о дерево и о ладони.

Попробуем обучить нашу нейросеть отличать хлопки от постукивания металлическими палочками. Для этого создадим библиотеку с различными образцами необходимых нам звуковых сигналов (в формате .wav). Порядка 30 записей на каждый вид шума. Теперь в нейросети нужно убрать лишние выходы (буквы) и оставить лишь два выхода, которые будут соответственно отвечать за один из двух звуков (хлопок и звон металла). Энтропию можно не корректировать, так как механизм выявления тишины будет схож, а погрешность при сохранении константы минимальна. Преобразование Фурье можно оставить без изменений. Словарь необходимо доработать, синтаксические и фонетические

модели используемые в распознавании речи бесполезны при выявлении рассматриваемых нами шумов, поэтому нам необходимо переработать их убрав синтаксическую составляющую и заменив фонетику примерными конфигурациями, соответствующими нашим звукам.

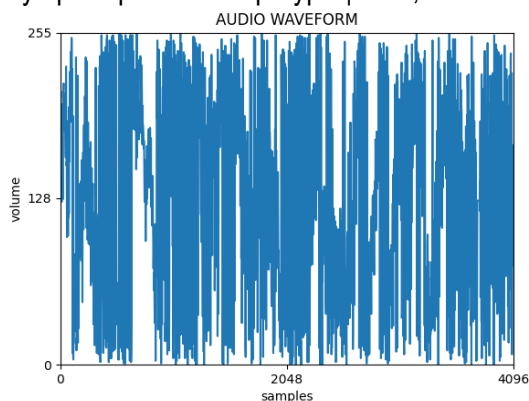


Рис. 7. График хлопка о дерево

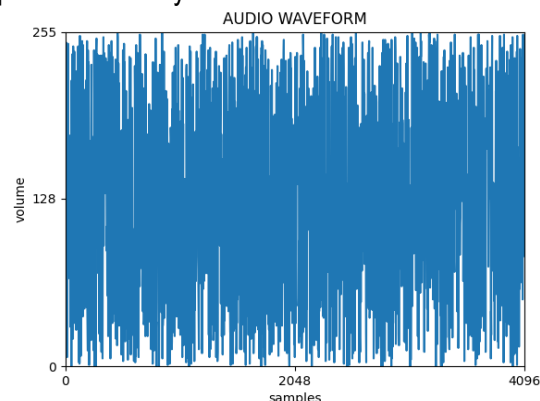


Рис. 8. График хлопка о ладони

При экспериментальной проверке работы алгоритма (предварительно проведя его обучения на созданных нами базах данных) производились шумы необходимой природы с различной выраженностью собственных частот. Программа показала результат с точностью равной 90 %. Распознав природу звука в 18 из 20 тестов. Это указывает на универсальность метода классификации звуков с помощью нейросети, потому что речь представляет из себя систематизированную последовательность определенных «шумов». То есть для распознавания любых звуковых колебаний достаточно лишь верно создать систему опознавания.

В результате проведенной работы был исследован принцип работы нейросети по распознаванию речи. В результате на ее основе была создана система по распознаванию звуков, являющихся шумом. Система была обучена на примерах двух звуков, имеющих различное происхождение, и успешно отличила и классифицировала их. Данная система имеет большой потенциал развития, так как расширять спектр обрабатываемых звуков можно безгранично, а значит, сфер применения программ различения звуков не ограниченное количество (например: определение поломок (по характерным звукам), расширение функционала искусственных ассистентов (активация по хлопку, свисту), работа с музыкой и т. д.).

Библиографический список

1. Распознавание речи для чайников. URL: <https://habr.com/ru/post/226143/> (дата обращения: 24.03.2021).
2. Преобразование Фурье. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование_Фурье (дата обращения: 24.03.2021).
3. Машинное обучение – это весело! Ч. 6: Распознавание речи с помощью глубокого обучения. URL: <https://medium.com/@ppleskov/машинное-обучение-это-весело-часть-6-aa3982f25d54> (дата обращения: 24.03.2021).

УДК 681.3.01

Г. К. Григорьев

студент кафедры электромеханики и робототехники

В. П. Кузьменко – аспирант, ассистент – научный руководитель**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ****Введение**

Нейронные сети обретают все большую популярность, в связи с этим отмечается, что рынок решений для распознавания лиц в 2018 г. составлял порядка 3,97 млрд долларов, а к 2025 г. прогнозируется его рост до 10,15 млрд долларов США.

Распознавание изображений находит широкое применение в различных приложениях – это может быть контроль текстуры ткани, контроль доступа к информации по идентификации личности (биометрическая идентификация), доступ к объектам ограниченного доступа, оперативный поиск в картотеке изображений, дактилоскопия [1]. Одним из главных человеческих чувств является зрение. С помощью него мы получаем большую часть информации об окружающем нас мире. Но именно способность анализировать бесконечное множество состояний внешней среды и отвечать на них активными действиями позволило человеку достигнуть высшей формы существования живой материи, выражающейся в способности к мышлению. На такой обыденной вещи, как фотография, мы с легкостью можем мысленно выделить различные объекты и их свойства, будь то люди и их внешность или природные пейзажи и определенные виды растений, животных и погодных условий. Человек, не задумываясь, проводит анализ и получает сведения о сцене, запечатленной на фотографии, для системы распознавания это лишь набор пикселей с разными параметрами цвета, не несущими сами по себе никакой информации об объектах.

Анализ технологии распознавания объектов

Распознавание объектов становится все более и более востребованной задачей, причем распознаваемые предметы могут иметь самую различную природу происхождения: животные, лица людей, объекты на дороге, разновидности домашней утвари и многое другое. Распознавание заключается в выделении конкретного объекта из его окружения и отнесение его к определенному классу из имеющихся в базах данных. Системы распознавания воспринимают объект в виде совокупности уникальных признаков (рис. 1). В случае распознавания людей алгоритмы опираются на биометрические данные – характеристики лица, например, форму и длину носа и подбородка, строение скул, расстояние между глазами или от подбородка до лба и многое другое [2]. Также разрабатываются технологии распознавания лиц по анализу текстуры кожи, будь то линии, поры, шрамы и другие характерные детали. Проще говоря, каждый человек имеет уникальное строение лица. Специальное программное обеспечение способно анализировать его, сопоставляя с информацией в базе данных для последующей идентификации. Затем при наличии соответствующей задачи система распознавания определяет соответствия ваших точных данных тому, что представлено в базе данных. Разумное и правильное применение этой технологии ведет к повышению безопасности и комфорта общества в целом и отдельных личностей, в частности.

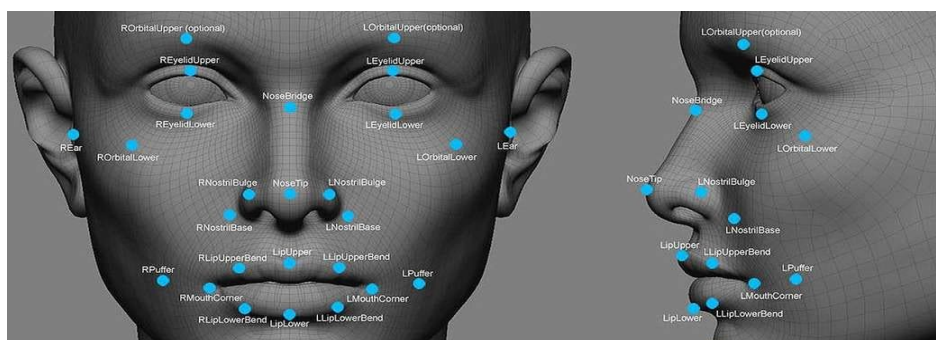


Рис. 1. Узловые точки при распознавании лица

Также в связи с повышением доступности технологии растет востребованность подобных систем в различных видах бизнеса, где распознавание личности и ее эмоционального состояния может существенно повлиять на производство или продажи. Механика проста: на предприятиях и организациях стоят камеры видеонаблюдения, которые используются как инструменты для сбора данных и последующей аналитики.

Инструментально системы распознавания лиц могут сильно отличаться, однако все они имеют примерно общие принципы работы [3]. Последовательность опознавания образов можно представить в виде совокупности шагов:

Шаг 1: Нахождение лица

На этом шаге программа посредством машинного зрения находит лицо человека. Опознавание происходит точнее всего, если лицо обращено к камере, хорошо освещено и не перекрывается чем-либо.

Шаг 2: Анализ лица

На этом шаге снимается фотография лица и начинается его анализ. Большинство решений для распознавания лиц использует 2D-изображения вместо объемных 3D-изображений. Каждое лицо анализируется с целью определения различных примитивов или узловых точек, таких как расстояние между глазами или форма скул.

Шаг 3: Преобразование изображения в данные

После анализа лицо преобразуется в математическую формулу. Черты лица становятся числовым кодом – отпечатком лица (*faceprint*).

Шаг 4: Поиск совпадений

При выполнении заключительного шага получившийся код сравнивается с множеством имеющихся отпечатков лиц.

Чтобы улучшить показатели распознавания, нейронная сеть предварительно обучается на массиве изображений.

Однако прежде чем начать процесс распознавания лиц необходимо получить определенную упорядоченную информацию, представляющую собой характеристику объектов, их отображение на множестве воспринимающих органов распознающей системы.

Анализ структуры информации, необходимой для выбора алгоритма и более точной работы средств определения лиц

Каждое исследуемое лицо может иметь разные характеристики в зависимости от окружающих условий. Так, например, в одинаковых внешних условиях человек может быть на разных расстояниях от камеры, под различными углами или двигаться относительно нее.

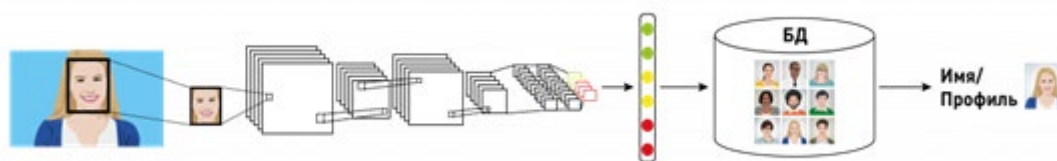


Рис. 2. Порядок распознавания лиц

Для того чтобы система эффективно распознавала и идентифицировала лица по видеофиксации в режиме реального времени, необходимо обеспечить максимальную инвариантность (на сколько это возможно в рамках алгоритма распознавания) к формам представления распознаваемых лиц различным изображениям лиц в условиях воздействия внешних факторов.

Освещение

Необходимо, чтобы лицо было хорошо освещено, распознавание не затрудняли посторонние предметы или тени.

Ориентация лица в пространстве

Система должна уметь распознавать лица при разных поворотах головы и углах съемки. В идеальных условиях при поиске человека в толпе требуется инвариантность к повороту головы до угла $\pm 90^\circ$.

Фон

Чем контрастнее будет лицо, относительно фона, тем точнее и лучше будет определение. Важно, чтобы система могла выделить лицо на любом фоне. К фону также можно отнести прическу распознаваемого объекта.

Мимика лица

Система должна распознавать человека как с нейтральным, так и с грустным, веселым, смеющимся лицом.

Масштаб изображения лица

Неполная видимость (очки, волосы, усы, борода и т. д.).

Также при выборе алгоритма, применяемого к задаче распознавания объекта или лица, необходимо иметь средство сравнения эффективности различных алгоритмов.



Рис. 3. Изображение распознаваемого лица при разных поворотах головы

Заключение

Качество работы нейронной сети может быть измерено с точки зрения точности: после настройки параметров и завершения процесса обучения сеть проверяется на тестовом множестве, которое отделен от обучающего набора. По результатам опознавания лиц из тестового множества можно судить о том, насколько хорошо система способна распознавать новые объекты.

Технология распознавания лиц открывает как новые возможности, вроде оплаты покупок по фотографии или оптимизации производства, так и новые схемы киберпреступлений и нарушения человеческих прав. Одни эксперты настаивают на более широком применении данной технологии, а другие ставят под сомнение ее безопасность и точность.

Библиографический список

1. Дружи А. А. Система поиска, выделения и распознавания лиц на изображениях // Известия Томского политехнического университета. 2011. № 5. С. 64–69.
2. Как устроены системы распознавания лиц и надо ли их опасаться. URL: <https://informburo.kz/stati/kak-ustroeny-sistemy-raspoznavaniya-lic-i-nado-li-ih-opasatsya-.html> (дата обращения: 19.12.2020).
3. Все про технологию распознавания лиц. URL: <https://www.cloudav.ru/mediacenter/technology/facial-recognition-technology/> (дата обращения: 20.12.2020).

УДК 67.03

Д. В. Дегтерев

магистрант кафедры программно-целевого управления в приборостроении

Г. С. Армашова-Тельник – кандидат экономических наук, доцент – научный руководитель**ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Современная промышленность в настоящее время осуществляет разработку и производство все более технологически сложных и совершенных изделий. При этом чтобы оставаться на рынке конкурентоспособным процесс производства должен быть оптимизирован, продукция должна быть качественная, а цены на изделия не должны превышать разумных пределов. Для выполнения этих задач требуется включить в число основных конструкторско-технологических решений коренной пересмотр материаловедческой базы. Это требование обусловлено тем, что дальнейшие «количественные» преобразования конструкции имеют принципиальные ограничения, поскольку работа некоторых изделий ввиду необходимости повышения конструктивной сложности все больше энергии расходуется на поддержание собственной работоспособности и все в меньшей степени затрачивается на улучшение технических характеристик. Поэтому переход к принципиально новым изделиям должен включать «качественные» изменения в конструкциях этих изделий, а также в выборе основных конструкционных материалов и технологий. Однако степень усложнения конструкции изделия ограничивается возможностями существующих методов, технологий на их основе и средств технологического оснащения [1]. Многим предпринимателям и изобретателям мешает стать производителем своих устройств именно инструментальный момент. В какой-то момент производитель должен взять на себя обязательство по изготовлению продукта, и традиционно это означало ввод в эксплуатацию сложных и дорогостоящих станков и пресс-формы или принятие аналогичных обязательств, позволяющих производственному подрядчику наладить и настроить свое производство для изготовления некоторого первоначального количества изделий [2]. Эти обязательства влекут за собой не только затраты, но и ограничивают инженеров в создании форм изделия, то есть создать инновационное изделие становится проблематично. А также невозможно спрогнозировать как рынок воспримет новое изделие. Все это тормозит многие инновационные проекты.

Таким образом, сегодня стоит обратить внимание на технологии аддитивного производства. Так, с помощью аддитивных технологий (АТ) становится возможным сократить срок изготовления деталей, имеющих сложный форм-фактор, особенно при прототипировании. При изготовлении как моделей, так и полнофункциональных есть возможность оперативно вносить изменения в конструкцию. Для этого нет необходимости заново изготавливать оснастку, литьевые формы или штампы, достаточно сделать изменения в редакторе компьютерной модели. С помощью АТ можно не только ускорять процесс проектирования и производства, но и экономить металл. Например, зачастую многие детали производятся из целькового куска металла, с помощью фрезерных и токарных станков с компьютерным управлением, которые вытачивают окончательный облик детали. При этом достаточно большое количество дорогого металла идет в отход [3]. Экспериментальные исследования подтверждают, что использования метода послойного селективного лазерного спекания (СЛС) деталей из порошков достаточно перспективно. В определении метода под селективностью понимается возможность сканирования лазерным лучом свободной поверхности порошкового материала по заданному контуру с учетом дозировки лазерного излучения в каждой точке либо непосредственная подача порошкового материала в зону действия лазерного луча. Благодаря широкому выбору металлопорошков можно изготавливать изделия, имеющие высокие прочностные характеристики.

Все это допускает начать производство без инструментов, с минимальными начальными вложениями, с помощью аддитивного производства может избежать производства специального технологического оборудования, а стадию постобработки отложить на следующую часть технологического процесса, которая наступит позже. Качество изделия во многом зависит не только от аддитивной установки, но и от качества порошка. Порошок должен иметь мелкую фракцию, а его частицы не должны иметь острых углов. Это обусловлено лучшей сплавляемостью порошка. Благодаря сферической форме металлопорошка выращенное изделие получается монолитным и количество раковин

и дефектов стремиться к минимуму. Также мелкодисперсные порошки имеют свойство комковаться и окисляться. Все это накладывает особенности на транспортировку и хранения [4]. Таким образом, проблема получения порошковых материалов актуальна не только для развития АМ-технологий, но и для целой классической порошковой металлургии. Под металлопорошками понимают сыпучие материалы с размером частиц до 0,9 мм. Порошки классифицируются по размерам частиц (диаметру d), подразделяя их на нанодисперсные с $d < 0,0015$ мкм, ультрадисперсные $d = 0,015 - 0,1$ мкм, высокодисперсные $d = 0,01 - 10$ мкм, мелкие $d = 10 - 50$ мкм, средние $d = 50 - 280$ мкм и крупные $d = 280 - 1000$ мкм.

В настоящее время не существует общих требований к металлическим порошкам, применяемым в АМ (additive manufacture) технологиях. Компании – производители АМ установок рекомендуют работу с определенным перечнем порошков, обычно поставляемых самой компанией-производителем. В разных машинах используются порошки разного фракционного состава. Одним из главных параметров, которым характеризуется металлопорошок, является величина d_{50} – «диаметр частиц». Например, $d_{50} = 50$ мкм означает, что у 50 % частиц металлопорошка размер частиц меньше или равен 50 мкм. Существует недоверие к металлопорошкам сторонних производителей. Нет никакой гарантии того, что купив материал у одного производителя и дополнительное количество у другого, вы получите изделия одинакового качества. Все это диктует необходимость совершенствования методов по стандартизации материалов для аддитивных технологий. Здесь тоже необходима колоссальная исследовательская работа, так как современные методы, которые применяются для оценки свойств материалов для традиционных технологий, никак не могут быть применены к аддитивным технологиям в силу наличия анизотропии, неизбежной при послойном принципе изготовления изделия [5]. Одна из особенностей процесса лазерного синтеза, например по технологии СЛС, является то, что при выращивании детали лазер не только сплавляет металлопорошок, формируя деталь, но и «портит» тот, который непосредственно прилегает к поверхности детали. Поэтому в практике эксплуатации СЛС-машина применяют метод просеивания, отработанного металлопорошка с целью удаления «бракованных» частиц с дальнейшим перемешиванием «работавшего» порошка со свежим. В какой пропорции – каждая компания решает сама. Однако идентичность деталей, выращенных на одной установке из одного и того же порошка, но с учетом этих добавления порошка, бывшего в употреблении, не гарантирована. Общим требованием к металлопорошкам для АМ-установок является сферический форм-фактор частиц. Это связано с тем, что такие частицы более компактно укладываются в определенный объем. Кроме того, необходимо обеспечить «текучесть» порошковой композиции в системах подачи материала с минимальным сопротивлением, что как раз достигается при сферической форме частиц [6].

Методы получения металлических порошков

Существуют разнообразные методы получения металлопорошков, условно их разделяют на физико-химические и механические. К физико-химическим причисляют способы, сопряженные с физико-химическими превращениями начального материала (металла), при этом структура и химический состав и конечного продукта – порошка – значительно различается от первоначального сырья. Механические способы обеспечивают производство порошка из сырья без существенного изменения химического состава. К механическим способам относятся, к примеру, различные виды размолла в дробилках, а также эмульгирование расплавов с помощью струи газа либо жидкости, данный процесс именуется атометризацией. Частицы металлопорошка, производимые механическими способами, к примеру, путем размолла, обладают осколочной, несферической формой. В произведенном порошке содержится большое количество примесей – продуктов износа размолочных тел и футеровки мельницы. Потому данные способы не используют для производства металлопорошков, применяемых в аддитивных аппаратах. Диспергирование расплава (атомизация) – наиболее действенный и экономичный метод изготовления мелких и средних металлопорошков. 80–90 % объема всех промышленных металлопорошков получают именно этим способом. Атометризацию (диспергирование) часто применяют при изготовлении металлопорошковых композиций многокомпонентных сплавов, в частности, с аморфной структурой, которая позволяет достичь равномерного химического состава композиции, даже при содержании легирующих компонентов выше их предела растворимости в основном компоненте сплава [7]. Кроме того, порошки, полученные с использованием метода атометризации, имеют

форм-фактор частиц, близкий к сферической. Более 80 % всех порошков, применяемых в аддитивных установках, изготавливают методом атомизации. Самые частоиспользуемые технологиями производства металлопорошков для аддитивных установок являются: газовая атомизация; вакуумная атомизация; центробежная атомизация; водяная атомизация.

Газовая атомизация. Данный способ предполагает расплавлять металл в плавильной камере (в инертной среде), а потом сливают в управляемом режиме через форсунку, где происходит дробление потока жидкого расплава струей инертного газа под давлением (рис. 1). Для изготовления мелких порошков ($d=10\text{--}50\text{ мкм}$), чаще всего применяемых в аддитивном производстве, применяют так называемые VIM-атомайзеры (Vacuum Induction Melting). В плавильных камерах откачивают воздух вследствие чего возникает вакуум, который минимизирует контакт жидкого расплава с кислородом и азотом.

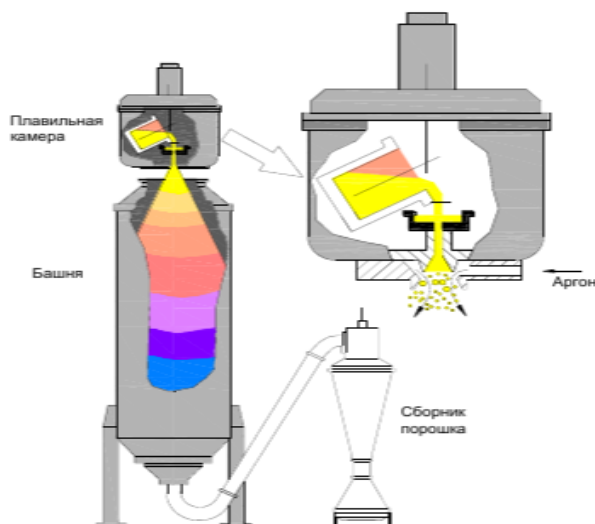


Рис. 1. Схема атомайзера VIGA

VIGA (Vacuum Induction Melt Inert Gas Atomization) – это название технологии получения металлопорошков с использованием установок для вакуумного плавления, то есть «технология газового распыления металла, расплавленного металла в вакуумной камере путем электромагнитной индукции» [8]. Применяют тигли со сливом в дне или поворотные тигли. Для плавки обычно используют графитовые или керамические тигли. В зависимости от материала из которого сделан тигель температура плавления может достигать $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Расплав сливают в специальную воронку, к которой подводят инертный газ под давлением (обычно аргон, или азот). Для производства порошков технически рациональной нижней границей объема тигля считается $6,0\text{ л}$ (около 50 кг стали). В этом случае время распыления составит примерно 5 мин и длительность рабочей фазы – около $4,5\text{ мин}$. Фракционный состав металлопорошка может быть увеличен вследствие увеличения расхода металла через сливной канал (рис. 2).

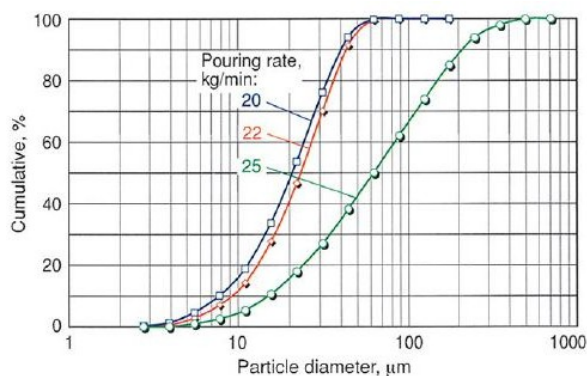


Рис. 2. Фракционный состав порошка в зависимости от расхода металла через сливной канал (20, 22 и 25 кг/мин)

Атомайзеры типа VIGA применяются, в частности, для получения следующих порошков:

- никелевые жаропрочные сплавы (например, Inconel 718, Rene 88 и т. д.) для деталей авиационных и стационарных турбин;
- сплавы на основе кобальта для использования в медицине, стоматологии и производстве мишеней ионного распыления;
- металлопорошки для плазменного напыления (например, NiCrAlY, CoCrAlY, и т. д.) защитных покрытий на детали из жаропрочных сплавов;
- металлопорошки для гранульной металлургии (например, 17-4 PH, 316L) для автомобильных деталей массового производства;
- композиции для спекания в порошковом слое (например, кобальтовые сплавы и драгоценные металлы) для применения в АМ-машинах;
- высоколегированные стали (например, инструментальная и быстрорежущая сталь) с очень высоким содержанием карбидов;
- цветные металлы (например, медные или оловянные сплавы) для различного применения.

Технология EIGA (*Electrode Induction Guide Inert Gas Atomization* – индукционная плавка электрода с распылением газа) представляет из себя один из видов газовой атомизации. Данная технология используется для изготовления металлопорошков реактивных металлов – Ti, Zr, Hf, V, Pt, Ir, Nb, Mo и т. д. EIGA-атомайзеры используют для производства металлопорошков метод разбрызгивания в потоке инертного газа. В конструкции атомайзерной установки может быть предусмотрена система слива расплава в изложницы, то есть он может быть использован в качестве плавильной печи. Согласно технологии EIGA (рис. 3) прутки (feed stock – материал,) плавится с помощью электромагнитной индукции. Плавление производится медленной подачей вращающегося прутка в кольцевой индуктор (рис. 3б). Капли расплава попадают в систему распылителей и диспергируются инертным газом [9].

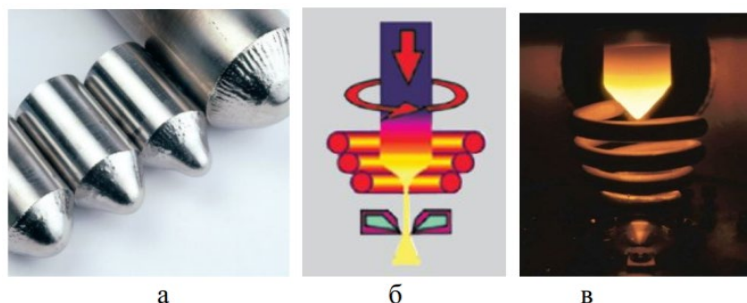


Рис. 3. Технология EIGA: а – исходный материал (feed stock) для получения порошка; б – схема процесса; в – процесс EIGA

Обычно по данной технологии получают тугоплавкие и активные материалы, к примеру, TiAl, FeGd, FeTb, Zr и Cr. Метод EIGA может также использоваться для производства многих других конструкционных металлов на основе Fe, Ni и Co. Машины EIGA обладают низкой скоростью диспергирования – около 0,6 кг/с, однако позволяют распылять довольно большие объемы металла за один цикл плавки – от единиц до десятков килограммов. Еще один вид газовой атомизации – это технология Plasma Atomization. Данная технология позволяет получать высококачественный, особо чистый металлопорошок из сплавов на основе Mo, Ti, Ni, Ta и Co-Cr в широком и управляемом диапазоне фракционного состава. В технологии Plasma Atomization плавление металла производят с помощью плазмы. Атомайзер содержит три плазматрона – генератора потока ионизированного газа, сфокусированных в точку подвода металла в виде прутка (рис. 4). Недостаток технологии – необходимость наличия специального производства фидстока – прутка диаметром 1–5 мм. Однако благодаря этому способу становится возможным получать порошки высокого качества.

Существует довольно много способов центробежной атомизации. Но одним из самых интересных является способ, который дает возможность изготавливать металлопорошки реактивных и тугоплавких металлов, которые представляют наибольший интерес для аддитивного производства. Технология REP – *Rotating Electrode Process* – подразумевает диспергирования расплавленного металла,

создаваемого электрической дугой между прутком (обычно $\varnothing 20\text{--}85\text{ мм}$) и вольфрамовым электродом (рис. 5). Наиболее важным достоинством такого варианта производства металлопорошка заключается в полном исключении контакта расплавленного металла с тиглем и разливочными приспособлениями, как в технологии VIM или при центробежном диспергировании на вращающемся барабане. Вариант этой технологии – процесс PREP – *Plasma Rotating Electrode Process*, в соответствии с которым плавление фидстока производят высокоскоростным потоком ионизированного инертного газа.

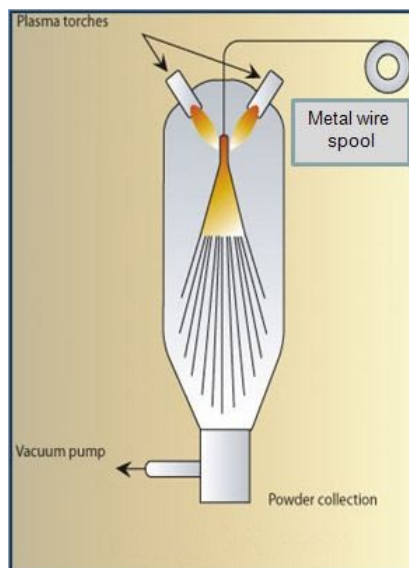


Рис. 4. Схема процесса плазменной атомизации

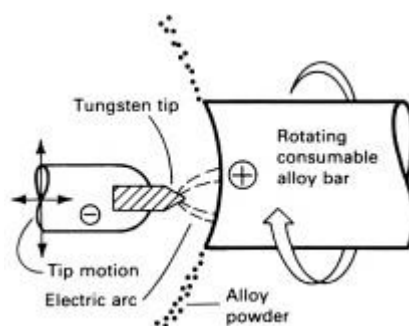


Рис. 5. Схема процесса REP

Еще одним способом изготовления металлопорошка является метод водной атомизации. Принципиальная схема изображена на рис. 5. В настоящее время данный способ является коммерчески важным методом для достижения распределения мелких частиц для ряда материалов. Общий процесс эффективен за счет попадания на падающий поток расплавленного металла струи воды, которая немедленно превращает металл в гранулы ($>1\text{ мм}$) или порошок ($<1\text{ мм}$). По сравнению с менее современными технологиями, такими как дробление и измельчение, распыление воды представляет собой экономичный и эффективный подход к производству металлических порошков. Распыление водой под высоким давлением оказалось жизнеспособным и недорогим процессом для получения мелкодисперсного гранулометрического состава порошков железа, нержавеющей и низколегированных сталей. Экономические преимущества и возможность предварительного легирования обеспечивают желаемые преимущества перед конкурирующими технологиями [10].

Как показано на рис. 6, распыленная суспензия может перекачиваться либо непосредственно в резервуары для выщелачивания, либо в систему обезвоживания, которая может подавать либо загущенную суспензию с влажностью $\sim 20\%$, либо влажное твердое вещество с влажностью $\sim 5\%$. Затем его можно подавать в резервуары для выщелачивания, если водный баланс критичен. Сушка требует

значительных затрат энергии. Распыление водой использовалось в производстве порошков железа и стали с 1950-х гг., после его разработки в 1930-х гг. для медных порошков. Частицы со средним размером $\sim 50\text{--}100$ мкм легко получить из расплавов Fe-0,1–0,3 % C высокой чистоты при давлении ~ 100 бар (10 МПа). Сегодня около 80 % мирового железного порошка, примерно 1 Мт/год, производится путем распыления воды. Данный метод этот метод применим ко всем металлам, которые можно плавить, и в коммерческих целях используется для производства железа, меди, включая инструментальные стали, легированные стали, латунь, бронзу и металлы с низкой температурой плавления, такие как алюминий, олово, свинец, цинк, кадмий. По сравнению с дроблением и измельчением распыление имеет преимущество в отсутствии каких-либо серьезных изнашиваемых деталей; водяные форсунки делают работу, а затраты на обслуживание скромные. Стоимость распыления обычно намного меньше, чем стоимость плавления, особенно если сушка продукта не требуется, как это обычно бывает при выщелачивании сырья.

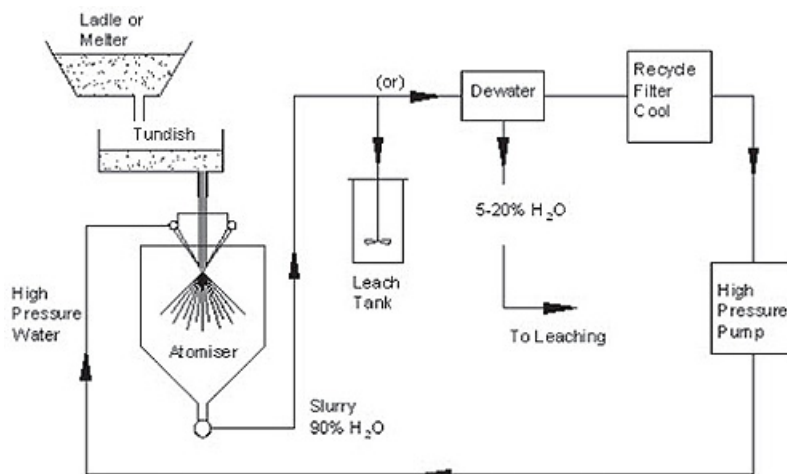


Рис. 6. Схема процесса водной атомизации

Таким образом, рынок аддитивных технологий стремительно изменяется и развивается. Происходит слияние и поглощение компаний – производителей АМ-машин, возникают новые центры оказания услуг в области АМ-технологий, эти центры объединяются в европейскую, а теперь уже и в глобальную сеть оказания услуг. С другой стороны, происходит специализация: компании сворачивают бизнес в мало доходной для них области, но развивают направления, в которых компетенции компании наиболее конкурентоспособны. Отсутствия единого стандарта в производстве металлических порошков приводит к тому, что при покупке аддитивной установки у производителя, пользователю приходится закупать там же и материалы. Тем самым производитель становится монополистом, так как порошки других производителей могут не подойти. Также возможно пользователю может понадобиться металлический порошок, которого у одобренного производителя может не быть. Все это приводит к отсутствию конкуренции на рынке металлпорошков, что в свою очередь ведет к увеличению цен на сырье.

Библиографический список

1. Елисеев Ю. С., Крымов В. В., Колесников С. А. Неметаллические композиционные материалы в элементах конструкций и производстве авиационных газотурбинных двигателей МГТУ-Салют. 2007. С. 8–12.
2. Агеев В. Новые материалы и технологии для авиадвигателестроения. 2017. С. 1–4.
3. Григорьев С. Н., Смуров И. Ю. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом. 2013. № 10. С. 76–77.
4. Евсеев А. В., Новиков М. М., Панченко В. Я. Лазерные технологии быстрого прототипирования и прямой фабрикации трехмерных объектов. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / Под. ред. В. Я. Панченко. М.: Физматлит. 2009.

5. *Васильцов В. В., Галушкин М. Г., Ильичев И. Н.* Послойная лазерная наплавка металлических порошков: аналитическая теория и эксперимент // Вестник МГТУ. 2012. № 5. С. 69–77.
6. *Васильцов В. В., Галушкин М. Г., Егоров Э. Н.* Селективное лазерное спекание металлических порошков: эксперименты и теория // Лазеры в науке, технике, медицине / Под ред. В. А. Петрова. М.: МНТОРЭС им. А.С. Попова. 2013. Т. 24. С. 76–81.
7. Металлические порошки для аддитивного производства. URL: <https://www.renishaw.ru/metal-powders-for-am--31457> (дата обращения: 10.01.2021).
8. Аддитивные технологии спекания металлических порошков для получения изделий авиационной и машиностроительной промышленности. URL: https://www.photonics.su/files/article_pdf/5/article_5775_221.pdf (дата обращения: 10.01.2021).
9. Аддитивные технологии и порошковая металлургия. URL: <https://extxe.com/9838/additivnye-tehnologii-i-poroshkovaja-metallurgija/> (дата обращения: 10.01.2021).
10. Технология изготовления порошковых сталей. URL: <https://tsprof.com/blog/articles/tehnologiya-izgotovleniya-poroshkovykh-staley/> (дата обращения: 10.01.2021).

УДК 620.9

С. Ю. Емельянов

студент кафедры программно-целевого управления в приборостроении

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СФЕРЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В связи с быстрым развитием технологий все промышленные технологические системы, заводы, оборудование, испытательные центры и т. д. перешли от механизации к автоматизации. Система механизации требует вмешательства человека для управления механизмами с ручным приводом. По мере развития новых и эффективных технологий управления компьютеризованное управление автоматизацией обусловлено необходимостью обеспечения высокой точности, качества, точности и производительности промышленных процессов.

Автоматизация – это шаг за рамки механизации, в которой используются устройства с высокими возможностями управления для эффективного производства или производственных процессов [1].

Системы управления являются неотъемлемой частью системы автоматизации. Различные типы методов управления с обратной связью обеспечивают соответствие переменных процесса заданным значениям. В дополнение к этой базовой функции система автоматизации использует различные другие функции, такие как расчет уставки для систем управления, запуск или останов установки, мониторинг производительности системы, планирование оборудования и т. д. Системы управления в сочетании с мониторингом адаптированы к рабочей среде в промышленности позволяют создать гибкую, эффективную и надежную производственную систему.

Промышленная автоматизация – это использование компьютеров и систем, управляемых оборудованием, для управления различными производственными операциями в хорошо контролируемой манере. В зависимости от выполняемых операций, системы промышленной автоматизации в основном подразделяются на два типа, а именно: автоматизацию технологических процессов и автоматизацию производства [2].

В перерабатывающей промышленности продукт получается в результате многих химических процессов на основе определенного сырья. Некоторыми отраслями промышленности являются фармацевтическая, нефтехимическая, цементная, бумажная и т. д. Таким образом, весь производственный процесс автоматизирован для обеспечения высококачественного, более производительного и высоконадежного управления физическими параметрами процесса.

В обрабатывающей промышленности продукты производятся из материалов с помощью машин/робототехники. Некоторые из этих отраслей обрабатывающей промышленности включают текстиль и одежду, стекло и керамику, продукты питания и напитки, производство бумаги и т. д. Новые тенденции в производственных системах заключаются в использовании систем автоматизации на всех этапах, таких как обработка материалов, механическая обработка, сборка, инспекция и упаковка. С помощью автоматизированного управления и промышленных роботизированных систем автоматизация производства становится очень гибкой и эффективной.

Промышленная автоматизация (IA) – это интегрированная, гибкая и недорогая системная платформа, которая состоит из различного оборудования и элементов, которые выполняют широкий спектр функций, таких как обнаружение, управление, наблюдение и мониторинг, связанных с производственными процессами. Реализованы различные методы управления для получения требуемого выходного сигнала путем сравнения текущей измеренной переменной процесса с установленными значениями. Наконец, контроллеры вырабатывают вычисленные выходные данные и используются в качестве входных электрических или пневматических сигналов для исполнительных элементов. Приводы преобразуют электрические или пневматические сигналы в физические переменные процесса. Некоторые из приводов включают регулирующие клапаны, реле, двигатели и т. д.

Особая категория инструментов – это интеллектуальные инструменты, которые представляют собой интегрированные системы чувствительных или исполнительных элементов с возможностью

связи с полевыми шинами. Эти интеллектуальные устройства состоят из схемы формирования сигнала внутри и упрощают подключение непосредственно к каналу связи в системе промышленной шины [3].

Это электронные контроллеры на базе микропроцессоров или просто промышленные компьютеры, которые принимают сигналы от различных датчиков, а также командные сигналы от систем наблюдения или людей-операторов. Эти контроллеры могут быть системами непрерывного управления или последовательного/логического управления в зависимости от структуры характера управления. Контроллер обрабатывает значения измерений и контрольные значения и в зависимости от структуры управления выдает управляющий сигнал для различных исполнительных устройств.

Современный тип устройства управления, используемого в системах автоматизации, – это программируемый логический контроллер (ПЛК). Он поставляется со специальным программным обеспечением, так что его можно запрограммировать для выполнения соответствующих операций управления. ПЛК имеют прочные модули ЦП, цифрового ввода-вывода, аналогового ввода-вывода и коммуникационные модули, так что они могут работать в промышленных условиях для управления различными параметрами процесса.

Супервизорное управление осуществляет контроль более высокого уровня над автоматическими контроллерами, которые дополнительно контролируют более мелкие подсистемы. Основными элементами этого уровня являются ПК технологических станций и человеко-машинные интерфейсы, отвечающие за такие функции, как расчет уставки, мониторинг производительности, диагностику, запуск, выключение и другие аварийные операции.

Производители сталкиваются с множеством проблем в сегодняшней глобальной конкурентной среде бизнеса. Некоторые из этих проблем включают суровые производственные условия, усложнение цепочек поставок, соответствие последним стандартам энергоэффективности и конкуренция с компаниями с очень небольшими предельными издержками.

Многие из этих причин подталкивают производителей к промышленной автоматизации. Преимущества промышленной автоматизации:

- повышение производительности труда;
- повышение качества продукции;
- снижение затрат на рабочую силу или производство;
- сокращение рутинных ручных задач;
- повышенная безопасность;
- вспомогательное удаление мониторинга.

Автоматизация увеличивает производительность за счет увеличения выпуска продукции при заданных затратах труда (люди не могут работать долгие часы без потери точности). Без ущерба для точности автоматизированные системы управления способны работать долгие часы. Отсюда повышенная производительность и эффективность на час затрат труда.

Одним из главных преимуществ автоматизации является снижение доли брака. При ручном управлении производственным процессом возможен компромисс в отношении характеристик качества продукта. Но система автоматизации выполняет операции с большим соответствием и единообразием спецификациям качества. С помощью систем автоматизации производственные процессы контролируются и контролируются на всех этапах, чтобы производить качественный конечный продукт.

Автоматизированные системы помогают отраслям значительно экономить в долгосрочной перспективе, заменяя человеческий труд автоматизированным оборудованием, что снижает себестоимость единицы продукции. Оборудование автоматизации, работающее бесперебойно или равномерно 24 часа в сутки 7 дней в неделю, не только увеличивает производительность, но и, как следствие, приводит к отличной окупаемости инвестиций за счет экономии заработной платы, затрат на рабочую силу, пенсий и затрат на сотрудников. Автоматизированная система также сокращает нехватку рабочей силы, заменяя рабочую силу автоматизированными операциями.

Библиографический список

1. Автоматизация в электроэнергетике. URL: <https://www.energsoyuz.spb.ru/ru/content/avtomatizaciya-v-elektroenergetike> (дата обращения: 24.01.2021).

2. Промышленная автоматизация, что это такое? URL: <https://www.electrical4u.com/industrial-automation/> (дата обращения: 24.01.2021).
3. *Иохимович Е. Д., Трофимова Н. Н.* Модернизация управления производственными процессами как главный фактор экономической трансформации // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: сб. тезисов докл. участников I Междунар. науч.-практ. конф. 2020 С. 419–421.
4. *Макаров А. А., Воронай Н. И.* Системные исследования в энергетике: методология и результаты. М.: ИНЭИ, 2018. 309 с.
5. Automation of technological processes. URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018014554> (дата обращения: 24.01.2021).

УДК 62.52

С. О. Жеребко

студент кафедры управления в технических системах

В. Г. Курбанов – кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель**ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗОВ В РОБОТОТЕХНИКЕ**

В настоящее время существует множество видов деятельности, в которых необходимо принять решение на основе наличия объекта на изображении или классифицировать его.

Способность «распознавать» считается фундаментальным свойством биологических существ, в то время как компьютерные системы не в полной мере обладают этим свойством.

Рассмотрим общие элементы модели классификации.

Класс – набор объектов, имеющих общие свойства. Для объектов одного и того же класса предполагается «сходство». Для задачи распознавания можно определить любое количество классов, больше 1. Количество классов обозначается числом S . Каждый класс имеет свой собственный, идентифицирующий метку класса.

Классификация – процесс присвоения классовых меток объектам в соответствии с описанием свойств этих объектов.

Классификатор – устройство, которое получает набор атрибутов объекта в качестве входных данных и выводит метку класса в результате.

Верификация – процесс отображения экземпляра объекта в единую объектную модель или описание класса.

Образ – название области в функциональном пространстве, в которой отображается набор объектов или событий из материального мира.

Признак – количественное описание того или иного актива изучаемого объекта или явления.

Распознавание образов может быть определено как производительность и как источник информации для выделения определенного класса, существенных функций или свойств данных в общей массе несущественной информации.

Некоторыми примерами задач классификации являются:

распознавание:

- символов/цифр как печатных, так и рукописных;
- речи;
- изображений со спутника, применение в военном деле;
- штрих-кодов;
- автомобильных номеров и номеров вагонов, контейнеров;
- запахов,
- а также:
- компьютерная диагностика в медицине;
- классификация документов по содержанию;
- системы безопасности и учета;
- обнаружение дефектов;
- интерпретация последовательностей ДНК.

Часто исходный материал изображения получают с камеры. Проблема в том, что она может быть сконструирована таким образом, что вектор функции для каждого класса попадает на рассматриваемую фигуру. Процесс можно рассматривать как программный код, которому присваивается функциональное пространство для каждой функции для каждого класса.

Посмотрим на два объекта для рассмотрения: взрослый и ребенок. Вы можете выбрать рост и вес этих эталонов, как показано на рис. 1. Это классическая форма отдельного набора, которая может быть объяснена выбранными функциями.

Однако не всегда можно иметь возможность корректировать измеряемый параметр (например, атрибуты класса). Но выбор параметров не подходит для изготовления применительно к классу футболистов и баскетболистов.

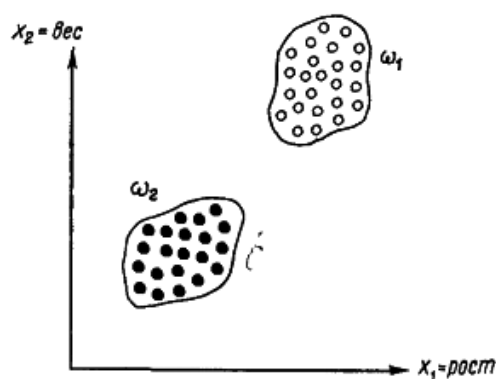


Рис. 1. Два непересекающихся класса образов

Вторая цель распознавания заключается в обозначении видных точек или особенностей исходного изображения. Эта работа может быть связана с предварительной обработкой. Если вы рассматриваете распознавание речи, вы можете выделить такие симптомы, как твердые и согласные. Характеристики, которые должны быть представлены, обозначают характеристики определенного класса, которые все еще являются общими для этого класса. Особенности характеризуют разницу между x признаками. Эти флаги являются общими для всех классов, содержат полезную информацию и описаны в работе по идентификации. Этот набор функций является одной из наиболее важных задач, связанных с системой [1].

Возьмем область изучения робототехники и автоматизации. Она включает в себя различные виды задач, таких как распознавание символов, целей, объектов, функций (таких как навигация, давление и манипуляции), а также взаимодействие человека и машины. Удешевление камер, происшедшее в последние годы, делает их наилучшим выбором в качестве сенсора для робототехники и автоматизации.



Рис. 2. Общая схема взаимосвязей различных областей знаний

Целью компьютерного зрения является разработка методов, позволяющих машине «понимать» или анализировать изображения и видео. Самый важный момент при разработке модуля технического зрения – методы, которые используются в нем. Распознавание зрительных образов – одна из важнейших задач компьютерного зрения.

Машинное зрение – это промышленное применение компьютерного зрения (и конкретных реализаций). Обработка изображений предоставляет исследователю множество способов преобразования изображения в цифровую форму и выполнения над ним различных операций, с помощью которых может быть получена дополнительная информация.

Обработка сигналов используется для создания предварительных перестроек принятых данных и информации.

Робототехника и теория управления важны для нас в соответствии с коммуникацией с модулями распознавания. Эта отрасль – одна из центральных. Машинное обучение – это наука о создании компьютеров таким образом, чтобы они могли действовать без явного описания своих действий.

Искусственный интеллект (ИИ) – это область компьютерных наук, которая фокусируется, в частности, на разработке интеллектуальных машин, работающих и реагирующих подобно людям.

Нейронаука – это комплекс наук, изучающих структуру, функционирование и развитие нервной системы. К ним относятся нейроинформатика, вычислительная нейробиология, нейроинженерия, когнитивная нейробиология, нейровизуализация, нейропсихология и др. При работе с ИИ часто применяются знания из областей антропологии, психологии и лингвистики. А при изучении методов обработки изображений понадобятся знания математических систем, визуализации и оптических систем [2].

При этом очень сложно ответить, как лучше всего описать программное обеспечение. Однако все существующие методы можно разделить на три этапа: первичный мониторинг и обработка, логическая оценка, фильтрация полученных результатов и алгоритмов принятия решений. В общем, необходимо использовать все шаги для обнаружений объектов, но иногда достаточно и двух, а то и одного.

Система фильтров позволяет идентифицировать интересующие нас цели на изображении без первичной обработки. Большинство таких методов и подходов используют какую-либо единую операцию ко всем точкам изображения одновременно. На этом уровне анализ обычно не делается [3].

Простое преобразованием изображения является бинаризация по порогу. Для изображений и в градациях серого таким порогом является значение яркости. Выбор порога определяет бинаризацию, процесс. Как правило, бинаризация выполняется с использованием алгоритма аддитивного выбора порога. Например, алгоритм может стать выбором математического варианта ожидания или моды, а также наибольшего пика гистограммы [4].

Библиографический список

1. Азаров Д. Методы распознавания образов. Ч. 1. URL: <https://oxozle.com/2015/03/29/metody-raspoznavaniya-obrazov-chast-1/> (дата обращения: 03.02.2021).
2. Лепский А. Е., Броневич А. Г. Математические методы распознавания образов: курс лекций. Таганрог: изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 155 с.
3. Черногорова Ю. В. Методы распознавания образов // Молодой ученый. 2016. № 28 (132). С. 40–43. URL: <https://moluch.ru/archive/132/36964/> (дата обращения: 03.02.2021).
4. Чабан Л. Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования: учеб. пособие. М.: МИИГАиК, 2016. С. 94.

УДК 621.311.25

А. В. Зенин

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

С. В. Солёный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОБЫЧИ ГАЗА**

На сегодняшний день в имеющихся технологиях добычи газа и газового конденсата имеют устаревшие системы электроснабжения как внутреннего электроснабжения, так и внешнего. Модернизация системы электроснабжения и технологии добычи газа позволит осуществить современный проект электроснабжения, автоматизацию технологии, внедрение альтернативных источников электроэнергии, а также нейронных сетей в технологию, что существенно снизит экономические затраты на обслуживание промысла.

Автоматизация технологии добычи газа, а именно внедрение автоматизированного управления газовых скважин позволит в совместном применении с нейронными сетями существенно сократить время переключения скважин, а также исключит потребность в выезде обслуживающей бригады операторов по добыче газа для ее переключения.

Альтернативные источники энергии

Ветроэнергетика – это направление альтернативной энергетики, основанной на использовании природных ресурсов (возобновляемых источников энергии), которым является ветер.

Россия – страна, обладающая большой территорией, которая располагается в различных климатических зонах и обладает большим потенциалом для ветроэнергетики. По различным исследованиям потенциал территории России обладает более, чем в 50 000 млрд кВт/час электрической энергии в год, что может обеспечить до 30 % от производимой электроэнергии энергосистемой страны.

Рассмотрим карту ветровых потоков России.

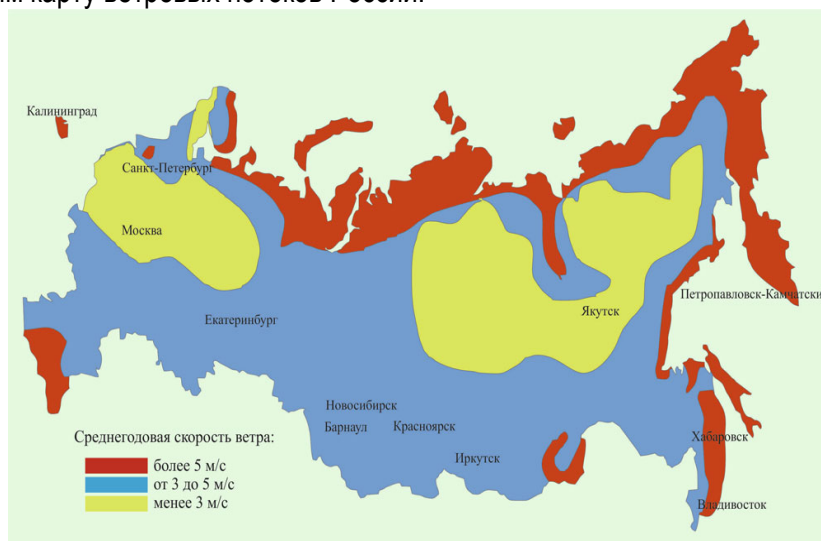


Рис. 1. Карта ветровых потоков России

Из приведенной карты видно, что потенциально использование ветровых установок возможно на значительной территории страны. Наиболее благоприятными районами для них являются: прибрежные территории Ямало-Ненецкого автономного округа и Ненецкого автономного округа, Черного, Каспийского и Азовского морей, полуостров Камчатка.

Использование крупных ветряных электростанций позволит включать их в общую электросеть, мелкие ветровые электростанции могут использоваться для питания отдельных небольших потребителей. В отличие от выработки электроэнергии с помощью ископаемых ресурсов, энергия ветра неисчерпаема, доступна в определенных северных зонах России и более экологична. Однако сооружение ветряных электростанций сопровождается рядом конструктивных трудностей, поэтому их применение должно быть экономически оправдано.

Мощность ветрогенератора зависит от площади лопастей генератора и высоты, на которой он располагается над поверхностью. Например, турбины мощностью 3 МВт (V90) производства датской фирмы Vestas имеют общую высоту 115 м, высоту башни 70 м и диаметр лопастей 90 м.

Воздушные потоки у поверхности земли/моря вызывают образование нелинейных фрактальных волн – турбулентность – нижележащие слои тормозят расположенные выше. Данный эффект сохраняется до высоты 2 км, но резко снижает свои показатели уже на высоте больше 100 м. Если расположить генератор выше приземного слоя, это позволит увеличить диаметр лопастей и не занимать большую территорию на земле. Современные генераторы (2018 г.) уже вышли на этот рубеж, и их количество резко растет в мире. Ветрогенератор начинает производить ток при ветре 3 м/с и отключается при ветре более 30 м/с. Максимальная мощность достигается приблизительно при ветре 20 м/с. Отдаваемая мощность пропорциональна третьей степени скорости ветра: при увеличении ветра вдвое, от 5 до 10 м/с, мощность увеличивается в восемь раз.

Применение ветроэнергетики на Бованенковском и Харасавейском месторождениях существенно экономически выгоднее, чем устанавливать новую ЛЭП.

Таблица 1

Характеристики ветрогенераторов

Мощности ветрогенераторов и их размеры			
Параметр	1 МВт	2 МВт	2,3 МВт
Высота мачты	50–60 м	80 м	80 м
Длина лопасти	26 м	37 м	40 м
Диаметр ротора	54 м	76 м	82,4 м
Вес ротора на оси	25 т	52 т	52 т
Полный вес машинного отделения	40 т	82 т	82,5 т

В августе 2002 г. компания Enercon построила прототип ветрогенератора E-112 мощностью 4,5 МВт. До декабря 2004 г. турбина оставалась крупнейшей в мире. В декабре 2004 г. германская компания REpower Systems построила свой ветрогенератор мощностью 5,0 МВт. Диаметр ротора этой турбины составил 126 м, масса гондолы – 200 т, высота башни – 120 м. В конце 2005 г. Enercon увеличил мощность своего ветрогенератора до 6,0 МВт. Диаметр ротора составил 114 м, высота башни 124 м. В 2009 г. турбины класса 1,5–2,5 МВт занимали 82 % в мировой ветроэнергетике.

В январе 2014 г. датская компания Vestas начала тестировать турбину V-164 мощностью 8 МВт. Первый контракт на поставку турбин был заключен в конце 2014 г. На сегодняшний день V-164 – наиболее мощный ветрогенератор в мире. Ведутся разработки генераторов мощностью более 10 МВт.

Самое большое распространение получила конструкция ветрогенератора с тремя лопастями и горизонтальной осью вращения.

Главным преимуществом ветрогенераторов является то, что при выработке электроэнергии они не потребляют природных ресурсов. К примеру, работа ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить 30 тыс. т угля или 95 тыс. баррелей нефти.

Также одним из значительных минусов ветроэнергетики является нерегулируемая выработка энергии. Производительность ветроэлектростанции зависит от силы ветра – фактора, на который человек не может повлиять и который является непостоянным. Следовательно, выработка электроэнергии в энергосистему отличается большой неравномерностью как в суточном, так и в годовых разрезах. Учитывая, что энергосистема сама имеет неоднородности нагрузки (пики и провалы энергопотребления), регулировать которые ветроэнергетика, естественно, не может, введение значительной доли ветроэнергетики в энергосистему способствует ее дестабилизации. Понятно, что ветроэнергетика требует резерва мощности в энергосистеме (например, в виде газотурбинных электростанций), а также механизмов сглаживания неоднородности их выработки.

Автоматизация технологии добычи газа

Система автоматизации – это система, составляющая часть технического обустройства каждого газового и газоконденсатного промысла, позволяющая значительно облегчить добычу и управление системой добычей природного газа. Назначение системы – автоматическое регулирование, дистанционный контроль и управление технологическими процессами добычи газа и конденсата. При этом обеспечивается постоянный контроль и управления разными объектами промысла объектами промысла: дожимная компрессорная станция (ДКС), установка комплексной подготовки газа (УКПГ) и т. д., повышается уровень безопасности, безаварийности работы технологического оборудования. Для стандартных технологических схем применяют универсальные средства автоматизации, а также специально созданные для промыслов (клапаны-отсекатели, регуляторы, влагомеры, датчики загазованности, анализаторы содержания конденсата в газе и др.). Система автоматизации промысла состоит из средств контроля и управления технологией добычи. К средствам контроля относятся датчики давления, температуры, расхода, уровня, влажности газа и т. д. Регулирование промыслами осуществляется дистанционно управляемыми и автоматически действующими регуляторами (уровня, расхода, давлений, температур и т. д.) и запорными устройствами (клапаны-отсекатели, клапаны запорные и т. д.). Применяются также средства сигнализации об отклонениях параметров от заданного технологического процесса или аварийной ситуации (сигнализаторы уровня, давления, температуры и т. д.) [1]. Управление осуществляется при помощи системы, состоящей из отдельных модулей и блоков, располагающихся на ДКС и УКПГ. К ним относятся системы «Импульс 2», телемеханики ТМ- 301 и др. Контроль параметров добычи на газоконденсатном промысле – это периодическое измерение, автоматическая или ручная запись главных показателей технологии добычи и обработки газа и конденсата. Контролируют давление, температуру, расходы, уровни жидкости, качество получаемой продукции. Основные контролируемые параметры: сепарация, адсорбция и абсорбция, режим скважины; вспомогательные: регенерация абсорбентов, обогрев или охлаждение газа процессы. Регулирование – это постоянное поддержание заданных параметров эксплуатации скважины и процессов комплексной подготовки газа изменением расходов, давлений и температур с помощью регулирующих устройств. Система автоматизации – это техническое обустройство газового и газоконденсатного промысла для автоматического управления технологией. Назначение системы – автоматическое регулирование, дистанционный контроль и управление технологическими процессами добычи газа и конденсата [1]. При этом обеспечивается оперативность контроля и управления рассредоточенными объектами промысла, повышается безопасность и безаварийность работы технологического оборудования, улучшаются условия труда промысловиков. Для типовых технологических схем применяют унифицированные средства автоматизации общепромышленного назначения и специально созданные для промыслов (клапаны-отсекатели, регуляторы, влагомеры, анализаторы содержания конденсата в газе и др.). Система автоматизации промысла состоит из средств контроля, регулирования и управления.

Управление на промысле – это выбор оптимальных режимов и потоков газа, обеспечивающих постоянство и надежность газоснабжения поддержанием необходимой производительности промысла при заданном качестве товарной продукции промысла.

На промыслах применяются панели и пульта с регистрирующими, показывающими и сигнализирующими приборами. С целью сокращения числа приборов на центральном щите применяют общие показывающие и регистрирующие приборы с автоматическим и ручным подключением их к контролируемым точкам для одинаковых параметров (расход, давление, температура и др.).

В последние пять лет было разработано, испытано и внедрено на объектах дочерних предприятий ОАО «Газпром», находящихся за полярным кругом, оборудование для контроля и управления технологическим режимом работы скважин по однорядному лифту, которое может быть успешно применено для оптимизации работы скважин по двухрядному лифту, а также для автоматизации добычи газа [1].

Комплекс средств телемеханики предназначен для построения автоматизированных систем управления технологическими процессами на предприятиях газовой и нефтяной промышленности.

Примером реализации проектов в условиях неэлектрофицированных объектов Крайнего Севера могут быть месторождения Бованенковское и Ямбургского ГКМ ОАО «Газпром» [1].

Функциональная схема куста газовых скважин обеспечивается следующими основными системами и узлами:

- контролируемыми пунктами КТМ КГС с системой энергоснабжения;
- расходомерами газа;
- регулирующими устройствами дебита газовых скважин;
- системами подачи ингибитора;
- диспетчерским комплектом ИУС КГС.
- контролируемый пункт телемеханики.

Предназначенные для организации процессов сбора и передачи данных о режимах работы скважин кустов в пункт диспетчерского управления, приема и реализации получаемых от диспетчерского комплекта команд, собственного энергообеспечения [2].

Базовым элементом контрольного пункта телемеханики являются блоки электроники и резервного питания, которые заглубляются в грунт, что обеспечивает стабилизацию температурных режимов блоков в пределах от -5 до -10 °С при температуре окружающего воздуха -55 °С. На монтажной мачте устанавливаются ветрогенераторы, солнечные батареи, приемопередающие антенны.

В состав модуля входят специально разработанный контроллер питания, резервные литиевые источники тока, аккумуляторные батареи двух типов – рабочие и буферные, контроллер зарядки рабочих батарей и контроллер телемеханики. Разработанный контроллер питания предназначен для управлений процессами заряда – разряда аккумуляторов, диспетчеризацией работы возобновляемых автономных источников питания и контролем за температурным режимом блока оборудования.

Автономные источники питания (термоэлектрогенераторы, ветрогенераторы и солнечные модули) обеспечивают зарядку буферных аккумуляторов для энергоснабжения всех элементов системы.

Скважинный расходомер газа «ГиперФлоу» на базе нестандартного сужающего устройства.

Нестандартное сужающее устройство (НСУ) – это проверенное решение для измерения дебита скважин, которое имеет ряд преимуществ по сравнению с таким устройством измерения переменного перепада давления, как диафрагма [3]:

- сокращение длин прямолинейных участков трубопровода;
- существенное снижение невосстанавливаемых потерь давления;
- повышенная износостойчивость, что обеспечивает его использование на скважине во все время ее эксплуатации;
- расширенный динамический диапазон измерения, что дает возможность оптимизировать режим работы скважин без замены расходомера во все время эксплуатации;
- не требует специального обогреваемого отсека и эксплуатируется при местном термостатировании, используя тепло транспортируемой по трубопроводу среды.

Система подачи ингибитора «СПИ-01»

Обеспечивает:

- подачу ингибитора в трубопровод для предотвращения образования либо для разрушения образовавшихся гидратов;
- подачу ингибитора в широком диапазоне расходов и давлений;
- измерение величин расходов подаваемого ингибитора, что дает возможность внедрение комплексных алгоритмов управления процессом подачи;
- регулирование дебита в широком динамическом диапазоне, является полнопроходным, имеет минимальный крутящий момент на штоке, что дает возможность применения в комплекте с ним малопотребляющего электропривода;
- является малопотребляющим и устойчивым к работе в условиях низких температур;
- является регулирующим устройством дебита газовой скважины «РУД-01»;
- не требует автономного обогрева и защищен от воздействия окружающей среды аналогично ультразвуковому расходомеру газа «ГиперФлоу» [4].

Существует несколько видов электроприводов с крутящим моментом от 200 до 10 000 н/м.

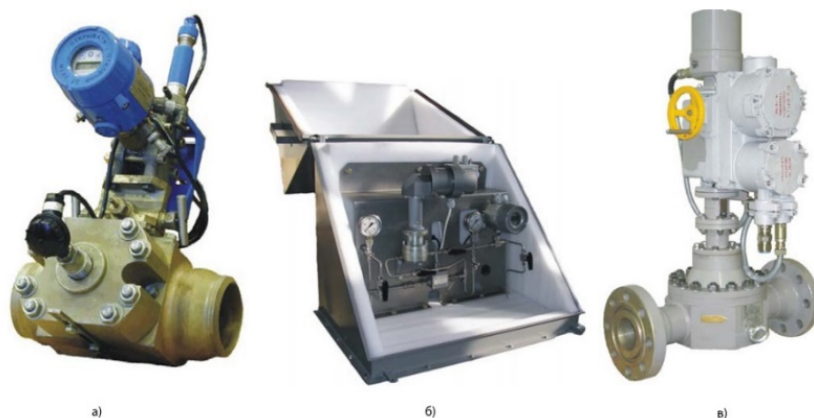


Рис. 2. Расходомер газа «Гиперфлоу». Система подачи ингибитора «СПИ-01». Регулирующее устройство дебита газовой скважины «РУД-01»

Библиографический список

1. Максимов В. П. Потеря контроля пластовой энергии при добыче газа на Шебельском газовом месторождении // Газовое дело. 1964. № 8.
2. Харитонов А. Н., Шулятников В. И. Разработка технологий и технических средств эксплуатации и капитального ремонт скважин на газовых месторождениях ОАО «ГАЗПРОМ», в том числе на месторождениях со снижающейся добычей и с тяжелыми горно-геологическими условиями // Научно-исследовательский отчет. ВНИИГАЗ. ОАО «ГАЗПРОМ». 2005.
3. Разработка комплексных устройств телемеханики для кластеров газовых скважин без электроснабжения / А. М. Деревягин, А. Е. Чернов, П. Н. Франс, В. С. Завьялов // Газовая Промышленность. 2004. № 10. С. 13–16.
4. Информационно-измерительный комплекс для измерения избыточного давления и температуры газа на газовых скважинах северных газовых месторождений / А. М. Деревягин, А. П. Степанов, Ю. В. Комаров и др. // Наука и техника в газовой промышленности. Специальное издание. Геология, бурение, разработка и подготовка газа. 2005. № 3. С. 59–65.

УДК 621.822.6

А. А. Косухина

студентка кафедры управления в технических системах

В. В. Зива

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

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

МЕТОД РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОПОР КАЧЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Расчет срока службы подшипников качения является решающим методом определения эксплуатационной надежности и срока службы подшипников в аэрокосмической отрасли. Современные авиационные системы требуют максимальной надежности и максимального срока службы компонентов. В настоящее время ГОСТ 18855-2013 не учитывает все условия эксплуатации аэрокосмических подшипников, такие как высокая температура, качество смазки, касательные напряжения и специальные материалы. Следовательно, требуется современный метод расчета для удовлетворения этих требований к условиям эксплуатации, материалам и надежности. Представленный здесь современный метод расчета учитывает все эти требования и, таким образом, позволяет точнее и надежнее получить теоретическое определение срока службы аэрокосмических подшипников.

Расчет ресурса по вероятности безотказной работы подшипника

Классический расчет

Основан на теории Лундгрена и Палмгрена [1], опубликованной в 1947 г. В то время предварительными условиями были постоянство свойств материала и исключительное влияние внешних нагрузок на следующие основные факторы:

распределение отказов следует линейной кривой на двойной логарифмической диаграмме Вейбулла с наклоном 10/9 для точечного контакта и 9/8 для линейного контакта;

число циклов нагрузки при одинаковой вероятности отказа косвенно пропорционально контактной нагрузке по показателю ϵ : $Z \sim P^{-\epsilon}$.

На основе этих подходов было разработано классическое уравнение срока службы подшипников качения:

$$L_{10} = (C/P)^{\epsilon}, \quad (1)$$

где L_{10} – номинальный ресурс безотказной работы в миллионах оборотов;

C – номинальная динамическая радиальная грузоподъемность или нагрузка, при которой 10 % подшипникового узла вышли из строя после млн оборотов в ньютонах;

P – динамическая эквивалентная радиальная нагрузка в ньютонах;

ϵ – показатель безотказной работы, равен 3 для точечного контакта и 10/3 для линейного контакта.

Модифицированный расчет ресурса по вероятности безотказной работы

Опыт, накопленный в течение десятилетий после введения уравнения (1), показал, что условия эксплуатации подшипников качения, особенно качество смазки, оказывают значительное влияние на срок службы подшипников, что привело к измененному расчет ресурса по вероятности безотказной работы [2], [3].

Дальнейшие исследования в 1980-х гг. показали, что подшипники качения, как и другие элементы изделия, могут обеспечивать долговечность при определенных условиях эксплуатации [3], [4]. На основе этого был разработан стандартизированный метод расчета по ГОСТ 18855-2013 [5], который в настоящее время используется для промышленных подшипников качения.

Дальнейшее повышение производительности и надежности может быть достигнуто за счет использования специальных материалов для подшипников в аэрокосмической отрасли, таких как сталь 32CDV13, Cronidur30, шариков и роликов из керамического материала, а также специальных процедур термообработки, таких как дуплексное упрочнение. В настоящее время разрабатываются другие

высокопрочные материалы для аэрокосмических подшипников, которые, как ожидается, будут внедрены в течение следующих 5–10 лет.

Тенденция к созданию сверхлегких самолетов требует интеграции колец подшипников с другими деталями авиационных двигателей, такими как кожухи, эластичные крепления, валы, уплотнения и т. д. Это часто приводит к тому, что для реалистичного расчета срока службы подшипника или его надежности необходимо учитывать различные материалы и их сочетание для внутренней/внешней дорожки качения и тел качения.

Новый метод расчета

Основан на фундаментальной теории Лундберга-Пальмгрена. В новом методе применяются поправочные коэффициенты для учета условий эксплуатации и надежности, основанные на ГОСТ 18855-2013 [5], но уточненные с учетом особых требований к подшипникам в аэрокосмической отрасли (индивидуальный учет компонентов дорожки качения внутреннего кольца, дорожки качения внешнего кольца, тел качения, высокой скорости вращения, повышенных рабочих температур, качества изготовления, свойств смазки, надежности системы и т. д.).

Данный метод рассчитывается на основе измененного срока службы компонентов дорожки качения внутреннего/наружного кольца и тел качения из уравнения (2):

$$L_{10AC} = (L_{10ACi-e} + L_{10ACe-e} + L_{10ACr-e})^{-1/2}, \quad (2)$$

где i – подстрочный знак для обозначения внутреннего кольца;

e – подстрочный знак для обозначения наружного кольца;

L_{10AC} – модифицированный ресурс всего подшипника с вероятностью отказа 10 %;

L_{10ACi} – увеличенный ресурс безотказной работы дорожки качения внутреннего кольца с вероятностью отказа 10 %;

L_{10ACe} – увеличенный ресурс безотказной работы дорожки качения наружного кольца с вероятностью отказа 10 %;

L_{10ACr} – модифицированный ресурс безотказной работы тел качения с вероятностью отказа 10 %;

e – экспонента для распределения отказов по Weibull, равна 10/9 для точечного контакта и 9/8 для линейного контакта.

Модифицированный ресурс безотказной работы всего подшипника рассчитывается исходя из номинального срока службы, умноженного на коэффициент изменения ресурса α_{AC} соответствующего компонента (3):

$$\begin{aligned} L_{10ACi} &= L_{10i} \cdot \alpha_{ACi}; \\ L_{10ACe} &= L_{10e} \cdot \alpha_{ACe}; \\ L_{10ACr} &= L_{10r} \cdot \alpha_{ACr}, \end{aligned} \quad (3)$$

где L_{10i} , L_{10e} , L_{10r} – основной номинальный ресурс безотказной работы дорожки качения внутреннего, внешнего кольца и комплекта тел качения.

Основной номинальный ресурс безотказной работы компонентов определяется с помощью систематического использования теории Лундгрена и Пальмгрена [1].

Номинальная динамическая грузоподъемность всего подшипника C включает в себя основную динамическую нагрузку основного элемента на контактах внутреннего и внешнего колец дорожки качения, $Q_{ci/en1}$. Такая контактная нагрузка действует на элемент диаметром 1 мм, достигающий 10⁶ циклов нагрузки с надежностью 90 %.

Точечный контакт:

$$Q_{ci/en1} = K_c (1 \pm \gamma)^{169/100} [(2 R_{i/e}) / (2 R_{i/e} - D_w)]^{41/100} \cdot f_{Dw} D_w^{3/10} \cdot 0,51^3. \quad (4)$$

Линейный контакт:

$$Q_{ci/en1} = K_c \cdot (1 \pm \gamma)^{35/27} L_w^{7/9} D_w^{35/27} \cdot 0,51^4, \quad (5)$$

где $Q_{ci/en1}$ – контактная нагрузка, действующая на элемент диаметром 1 мм, достигающий 10⁶ циклов нагрузки с надежностью 90 %;

K_c – постоянная для точечного контакта;

γ – вспомогательный параметр: $D_w \cos \alpha / D_{pw}$;

D_w – номинальный диаметр шарика в миллиметрах;

D_{pw} – делительный диаметр;

α – номинальный угол контакта в градусах;

$R_{i/e}$ – радиус кривизны внутренней/внешней дорожки качения;

fD_w – коэффициент равен $D_w 1.8$ при $D_w < 25,4$ или $3,647 D_w 1.4$ при $D_w > 25,4$ см [5];

L_w – эффективная длина ролика.

Здесь верхние индексы относятся к контакту тела с внутренней дорожкой качения (i), а нижние индексы относятся к контакту тела с внешней дорожкой качения (e).

На основе номинальной динамической грузоподъемности основного элемента $Q_{ci/en1}$ определяется номинальная базовая динамическая грузоподъемность для конкретного диаметра контакта дорожки качения для 106 циклов нагрузки из уравнений (6) и (7).

Точечный контакт:

$$Q_{ci/e} = K_c (\gamma / \cos \alpha)^{3/10} (1 \pm \gamma)^{139/100} [(2 \cdot R_{i/e}) / (2 R_{i/e} - D_w)]^{41/100} \cdot fD_w 0,51/3. \quad (6)$$

Линейный контакт:

$$Q_{ci/e} = K_c \cdot (\gamma / \cos \alpha)^{2/9} [(1 \pm \gamma)^{35/27} D_w]^{29/27} L_w^{7/9} 0,51/4. \quad (7)$$

Верхние индексы относятся к контакту тела с внутренней дорожкой качения (i), а нижние – к контакту тела с внешней дорожкой качения (e).

Базовый срок службы контактов внутренней дорожки качения и наружной дорожки качения для 106 циклов нагрузки определяется по (8) из нагрузки отдельных контактов дорожки качения F_{in} внутреннего кольца и дорожки качения F_{en} наружного кольца:

$$L_{10i/e} = [Z (0,5 \sum (F_{i/en} / Q_{ci/en}) \epsilon) e']^{-1/e}. \quad (8)$$

Показатель e' равен 1, если вся нагрузка $F_{i/en}$ приходится на дорожки качения.

При неравномерном распределении нагрузки на подшипник среднее значение нагрузки рассчитывается из загруженности различных элементов. В этом случае для точечного контакта $e' = e = 10/9$ – для внутренней/внешней дорожки качения. Линейный контакт $e' = e = 9/8$ – для внутренней/внешней дорожки качения.

Также на основе базовой динамической грузоподъемности основного элемента $Q_{ci/en1}$ (уравнения (4) и (5)), базовая динамическая грузоподъемность в миллионах оборотов для тел качения определяется по уравнениям (9) и (10).

Точечный контакт:

$$Q_{cwi/e} = K_c (1 \pm \gamma)^{169/100} [(2 \cdot R_{i/e}) / (2 R_{i/e} - D_w)]^{41/100} \cdot fD_w 0.51/3. \quad (9)$$

Линейный контакт:

$$Q_{cwi/e} = K_c (1 \pm \gamma)^{35/27} L_w^{7/9} D_w^{29/27} 0,51/4. \quad (10)$$

Верхние индексы относятся к контакту тела с внутренней дорожкой качения (i), а нижние индексы относятся к контакту тела с внешней дорожкой качения (e).

Один элемент качения (шарик или ролик) двигаясь по орбите 360° нагружается всеми контактными нагрузками, действующими на дорожки качения внутреннего и внешнего кольца. По аналогии с уравнением (8) базовый расчетный ресурс одного комплекта тел качения L_{10r} определяется следующим образом:

$$L_{10r} = [Z (0,5 \sum (F_{in} / Q_{cri}) \epsilon 1/z \sum (F_{en} / Q_{cre}) \epsilon) e']^{-1/e}. \quad (11)$$

Из всесторонних стендовых испытаний и практического полевого опыта известно, что расчетный базовый ресурс подшипников качения по уравнению (1) многократно превышает в реальных условиях, и предел прочности может быть достигнут в зависимости от действительного напряжения материала из-за контактной нагрузки, качеством смазки и загрязнения [6], [7].

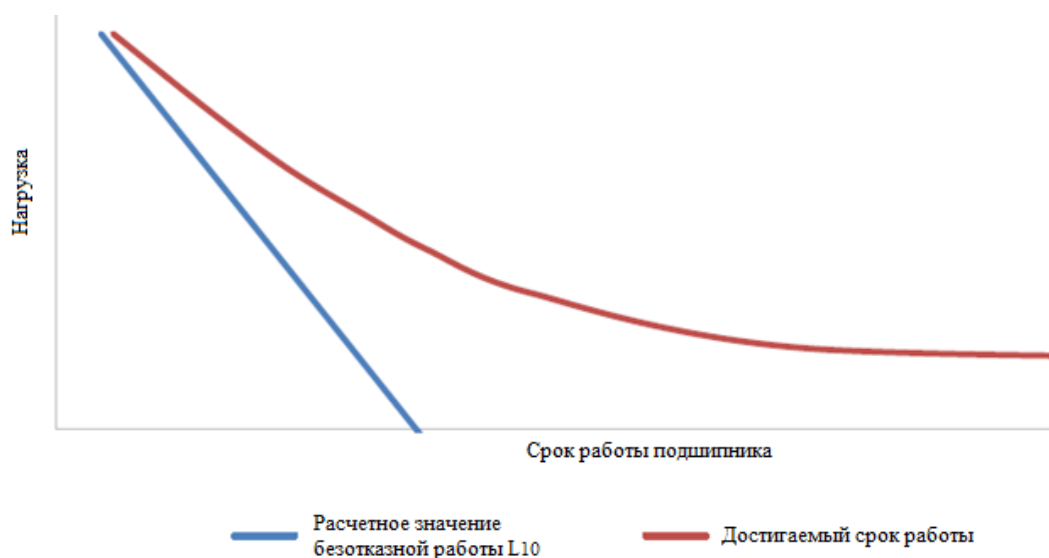


Рис. 1. Сравнение расчетного значения безотказной работы L10 и достижимого срока работы

Это несоответствие компенсируется введением коэффициента ресурса αAC . Он определяется для элементов дорожки качения внутреннего и внешнего колец, тел качения в зависимости от контактного напряжения, температуры, качества смазки, чистоты системы и дополнительных касательных напряжений, возникающих в результате прогиба дорожки качения или трения. По своей форме αAC основан на расчете стандартизированного фактора срока службы αISO согласно ISO 281 [5].

$$\alpha AC = 0,1 (1 - (PO_{tu} / PO) f_{\lambda} SACEc f_1) \cdot eL, \quad (12)$$

где αAC – коэффициент модификации ресурса по вероятности безотказной работы;

PO_{tu} – предел выносливости при рабочей температуре;

PO – максимальное герцевское контактное напряжение на дорожке качения внутреннего или внешнего кольца в рабочем состоянии;

f_{λ} – коэффициент напряжения с учетом недостаточного разделения смазки между контактными элементами;

SAC – уровень загрязнения;

E_c – коэффициент загрязнения;

eL – Stress-Life-Exponent, равна 9 для точечного контакта, 8 для линейного контакта;

λ – параметр толщины смазочной пленки.

Коэффициент αAC ограничен верхним порогом 5000, в отличие от верхнего предела 50 для αISO . Нижний предел равен 0,1. Увеличение верхнего предела в 100 раз необходимо для обеспечения требуемой расчетной надежности для реалистичного напряжения.

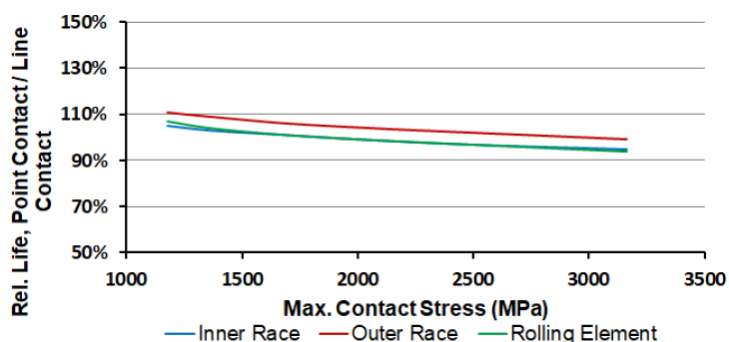


Рис. 2. Относительный базовый срок службы компонентов подшипника при точечном контакте по сравнению с линейным контактом

Коэффициенты f_L , $SACE$ и f_1 являются усилителями номинального контактного напряжения с учетом конкретных условий эксплуатации. Метод определения этих коэффициентов будет идентичным как для точечного контакта, так и для линейного контакта, поскольку базовый срок службы дискретно напряженного материала в контактах качения дает незначительную разницу только при расчете либо для точечного контакта, либо для линейного контакта (рис. 2).

Заключение

Представленный метод расчета достижимого ресурса по вероятности безотказной работы подшипников для аэрокосмических применений учитывает свойства отдельных материалов, используемых для дорожки качения внутреннего, внешнего кольца и набора тел качения в применимых условиях эксплуатации.

Базовый или базовый срок службы отдельных компонентов подшипника рассчитывается со ссылкой на [5], [8] и [9]. Введен поправочный коэффициент α_{AC} , который позволяет учитывать свойства каждого отдельного материала компонента подшипника, а также качество смазки, трения и загрязнения. На основе эталонного или базового срока службы подшипника и коэффициента α_{AC} для отдельных компонентов подшипника рассчитывается измененный срок службы компонента, а затем измененный ресурс по вероятности безотказной работы всего подшипника. Коэффициент α_{AC} определяется аналогично α_{ISO} в [5].

Представленный в статье метод позволяет учесть свойства будущих подшипниковых материалов [10].

Библиографический список

1. *Lundgren G., Palmgren A.* Dynamic Capacity of Rolling Bearings. Acta Polytechnica: Mechanical Engineering Series. 1947. 1.
2. ISO R281. Rolling Bearings – Methods of Evaluating Dynamic Load Ratings. 1977. 10 p.
3. *Brändlein J., Eschmann P., Hasbargen L.* Die Wälzlagerpraxis. Vereinigte Fachverlage GmbH, Mainz, 2002. 638 p.
4. *Tallian T.* Weibull Distribution of Rolling Contact Fatigue Life and Deviations Therefrom. ASLE Transact. 1962. 5 No. 1.
5. ISO 281:2007. Rolling Bearings – Dynamic Load Ratings and Rating Life. 2007. 49 p.
6. *Loroesh H.-K.* Lebensdauer und Dauerfestigkeit von Wälzlager. VDI-Report. 1985. 549. P. 109–127.
7. *Loroesh H.-K.* Effects of unfavourable environmental conditions on the service life of jet engine and helicopter bearings. 60th AGARD meeting. San Antonio, Texas, 1985. 394.
8. ISO/TR 1281-1:2008. Rolling Bearings – Explanatory Notes on ISO 281. 2008. 52 p.
9. ISO/TS 16281-1:2008. Rolling Bearings – Methods for calculating the modified reference rating life for universally loaded bearings. 2008. 48 p.
10. *Gloeckner P., Sebal W.* 2020. A New Method of Calculating the Attainable Life and Reliability in Aerospace Bearings. European Journal of Engineering Research and Science. 5, 6 (Jun. 2020). 745–750.

УДК 378.147

Д. А. Зива

ученица школы ГБОУ № 604

А. Е. Деревянко – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**А. Д. Колесова** – студентка кафедры управления в технических системах – научный руководитель

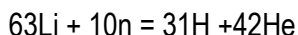
УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

В середине XX в. благодаря гонке вооружений и множеству великих умов в мире начался «бум» развития термоядерной энергетики, ученые предоставляли миру сенсацию за сенсацией. На тот момент им казалось, что превратить взрыв невероятной мощности в стабильную термоядерную печь, вырабатывающую гигантские потоки энергии, – дело нескольких лет, так как все находились в состоянии эйфории от столь быстрых и масштабных открытий. Однако на границе XX–XXI вв. наступил период холодного трезвления. Оказалось, что до промышленного применения синтеза атомных ядер гораздо дальше, чем хотелось бы – при кажущейся простоте процесса не было решено еще много научных и технологических проблем и вопросов, таких как отсутствие материала, который выдержал бы плазму и многомиллионную температуру, а также многих других. И все же специалисты по всему сегодня уверены в том, что за термоядерными электростанциями – будущее, а следующая техническая революция произойдет именно в этой области.

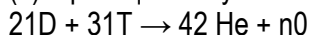
Токамак (рис. 1) – установка в форме тора (рис. 3), предназначенная для осуществления управляемого термоядерного синтеза более тяжелых атомных ядер из более легких с целью получения энергии (2). В отличие от термоядерных взрывных устройств, таких как водородная бомба, в токамаке используется процесс медленного нагревания исходных веществ до состояния плазмы, самого популярного вещества во Вселенной. Далее из нее получают энергию, которую позже преобразуют в электрический ток посредством сложных технических задач. Для протекания подобного управляемого термоядерного синтеза нужно соблюсти два условия:

- 1) проведения реакции синтеза дейтерия и трития (топливо D-T);
- 2) высокие температура, свыше 10^9 К.

В противоположность нефти, газу, урановым рудам и другим исчерпаемым ресурсам, запасы дейтерия и трития практически не ограничены: один производится в промышленных масштабах из воды Мирового океана, а другой добывается из лития посредством довольно несложной реакции (1).



(1) – реакция получения трития из лития



(2) – получение гелия посредством синтеза дейтерия и трития.

Одно из самых важных преимуществ УТС является то, что в отличие от реакций деления тяжелых ядер, в результате термоядерного синтеза выделяется гораздо больше энергии, а также не образуются радиоактивные отходы, что делает этот метод более экологичным и выгодным по сравнению с ядерными реакциями. Также еще одним из преимуществ термоядерных станций является их безопасность для окружающей среды и людей. В случае аварии реактор просто потухнет, а в ядерном реакторе могут произойти очень неприятные последствия.

Одними из главных основоположников развития токамаков считаются Андрей Дмитриевич Сахаров [1], Игорь Евгеньевич Тамм [1], а также Виталий Дмитриевич Шафранов [1], которые начали проводить исследовательскую деятельность по управляемому термоядерному синтезу. В 1951 г. ученые представили модифицированную схему Олега Александровича Лаврентьева 1950 г., предложив теоретическую основу термоядерного реактора, где плазма имела бы форму тора (бублика) и удерживалась с помощью магнитного поля, то есть находилась в магнитной ловушке [1].

Этот термин – «токамак» – был предложен Игорем Николаевичем Головиным в 1957 г., учеником академика Курчатова и является аббревиатурой. Первый в мире экспериментальный токамак ТМП был сооружен в 1954 г., и долгое время подобные установки существовали только в СССР. Но в 1968 г. в токамаке Т-3, построенном в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» под

руководством академика Льва Андреевича Арцимовича, была достигнута рекордная на то время температура электронов плазмы в 10 млн градусов. Но зарубежные коллеги по атомной энергетике не поверили в это. В том же году британские ученые из лаборатории в Culham NicolPeacock приехали со своим оборудованием в СССР. После проведения опытов и замеров на Т-3 они подтвердил этот факт, сказав, что температура даже выше того, что сообщили им советские ученые. Это указывало на то, что токамак предлагал наилучший путь к термоядерной энергии, и с начала 1970-х гг. большинство исследований по всему миру были сосредоточены на этой конструкции.

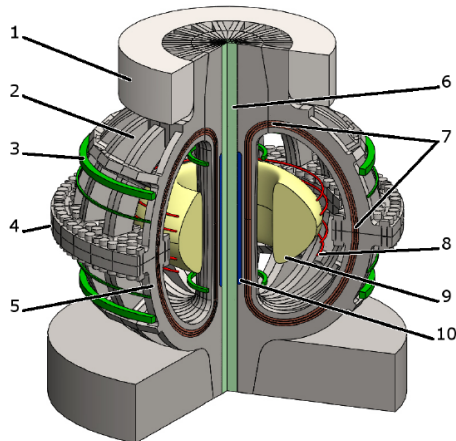


Рис. 1. Устройство токамака: 1 – силовое кольцо; 2, 5 – силовые тороидальные ребра; 3 – полоидальная сверхпроводящая катушка; 4 – разъем тороидальных ребер и катушек; 7 тороидальный проводник; 8 – корректирующие полоидальные катушки; 9 – плазменный объем; 10 – центральный индуктор



Рис. 2. Реакции внутри токамака

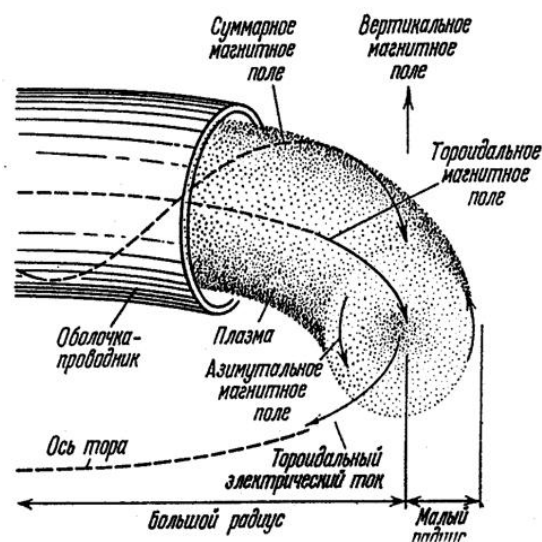


Рис. 3. Тор

Токамак представляет собой тороидальную камеру (рис. 2) надетую на сердечник трансформатора, а плазма в камере как бы служит обмоткой трансформатора. Из камеры откачивают атмосферный воздух, создавая вакуум, а потом закачивают смесь газов, элементы которых будут участвовать в синтезе. После этого по первичной обмотке трансформатора пропускают импульс тока, достаточный для того, чтобы во вторичной «обмотке» произошел пробой и начал течь ток [3]. Ток (рис. 5), который протекает через плазму, выполняет две основные задачи (см. рис. 1):

1) создает вокруг себя магнитное поле, которое называется полоидальным магнитным полем. Оно направлено вдоль линий, проходящих через полюсы сферической системы координат (рис. 4).

Наличие полоидального поля необходимо для стабильного удержания плазмы в такой системе, оно создается за счет увеличения тока в индукторе. Но он не может быть бесконечным, поэтому время

стабильного существования плазмы в классическом, экспериментальном токамаке ограничено на несколько секунд;

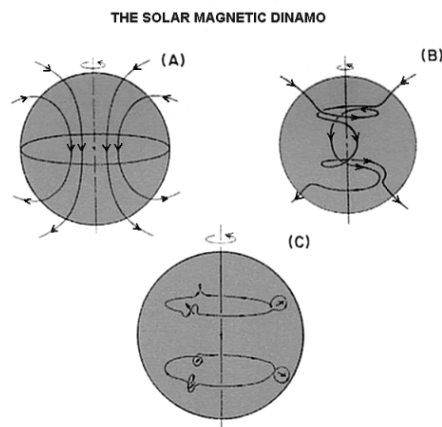


Рис. 4. Направление полей

2) нагревает плазму, обогрев и любые другие проводники омического нагрева.

Ток, текущий через плазму, создает свое магнитное поле, которое сжимает плазму, увеличивая ее температуру, плотность и концентрацию.

Вот только одного нагрева за счет протекания тока недостаточно для нагрева плазмы до температуры необходимой для осуществления термоядерной реакции. Поэтому в целях дополнительного нагрева используют микроволновое излучение на так называемых резонансных частотах или инъекции быстрых нейтральных атомов (рис. 6).

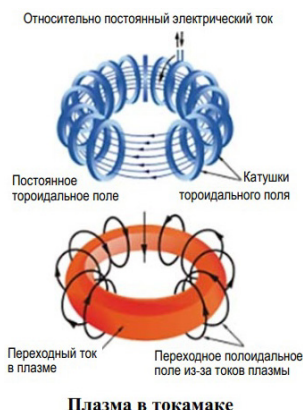
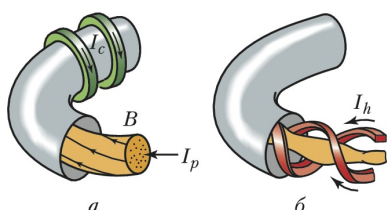


Рис. 5. Ток в токамаке



Рис. 6. Принцип работы токамака

На данный момент в мире существует около 300 токамаков, но все они являются исследовательскими станциями, а не реальными генераторами энергии [2].

Одним из знаменитых токамаков является установка 1975 T-10 (рис. 7) – первый в мире крупный токамак, обладающий системой дополнительного нагрева плазмы с помощью ввода в плазму СВЧ-излучения на частоте электронно-циклотронного резонанса. Данная установка дала научному сообществу множество открытий. На ней была получена рекордная температура в 100 млн градусов [3].

Сейчас в мире работает JET (JointEuropeanTorus – Объединенный европейский токамак) (рис. 8) – крупнейший токамак в мире, созданный в Великобритании для проведения мировых исследований по способам проведения управляемой термоядерной реакцией.

JET находится в городе Калхэме, недалеко от Оксфорда. Строительство велось с 1978 по 1982 гг. JET попал в заголовки газет по всему миру в 1991 г., когда он стал первой машиной, достигшей управляемого ядерного синтеза. Из-за крайне высокого потребления энергии в данной установке и достаточно ограниченного функционирования основной системы питания также было установлено два дополнительных генератора, чтобы обеспечить реактор достаточным количеством электричества.

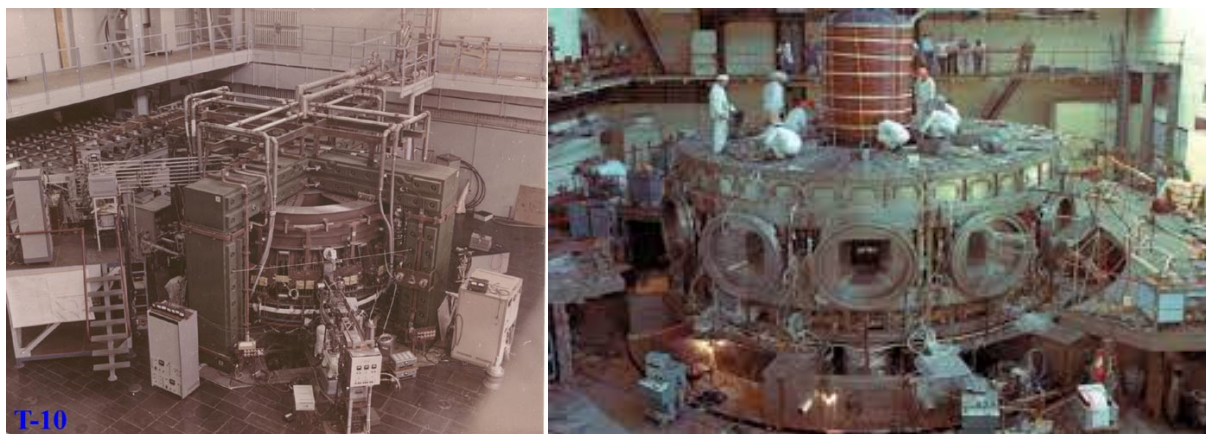


Рис. 7. Токамак T-10

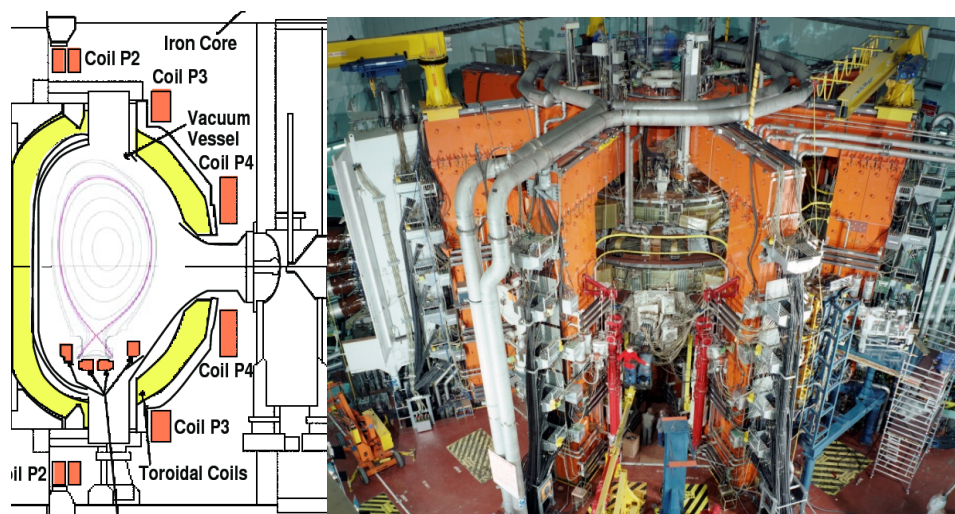


Рис. 8. Токамак JET

Введен в эксплуатацию в 1983–1984 гг. В 1991 г. достигнута мощность термоядерной реакции в 1 МВт. В эксперименте 1997 г. реакции D-T был установлен мировой рекорд энергии управляемого термоядерного синтеза УТС в 16 МВт, а параметр Q примерно 0,7 [2]. Для зажигания статичного и независимого горения плазмы необходимо достижение значений Q более 1. Также важно отметить, что этот параметр не учитывает другие затраты энергии, из которых наиболее значимыми являются затраты на хранение плазмы, для полной и «качественной» работы реактор должен иметь значение Q около 15-22 единицы. JET все еще работает спустя 32 г. после получения первой плазмы и еще должен дать ответы на многие вопросы, прежде чем ИТЭР возьмет на себя ведущую роль в исследованиях. Некоторые физические интерпретации наблюдаемых явлений, хотя и логичны, все еще обсуждаются. Эта увлекательная история, состоящая из успехов и неудач, связана со сложностями XX – начала XXI в., когда мировая глобализация развивается, а будущее кажется полным вопросов.

В 1986 г. было принято совместное решение США и СССР о постройке термоядерного реактора, создателем идеи выступил советский ученый Евгений Павлович Велихов. На проработку плана ушло более 20 лет, за которые в области термоядерных реакций произошло множество открытий. В 2006 г. было принято решение о строительстве в г. Кадараш (Франция) более мощной термоядерной установки подобного типа – ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) (рис. 9). Данный проект международного масштаба является экспериментальным термоядерным реактором, задача которого заключается в демонстрации возможности использования термоядерной реакции синтеза в коммерческих целях, а также в решении физических и технических проблем, которые могут встретиться на этом пути.

Кооперация стран в инженерном деле и в плане финансовых затрат обусловлена тем, что ни одна страна в мире не способна соорудить проект подобных масштабов в одиночку. ITER представ-

ляет собой сотни высоких новейших технологий, которые будут являться достоянием каждого участника проекта. Страны Европы вносят примерно половину финансируемого объема проекта, на долю России же приходится где-то 12 % от общей суммы, которые поставляются в форме высокотехнологичного оборудования. Для того чтобы доказать свою техническую и экономическую состоятельность, реактор ITER должен стабильно удерживать плазму и вырабатывать энергии в несколько раз больше, чем затрачивается на его «зажигание» и поддержание постоянного горения плазмы (т. е. $Q > 15$). В планах у участников проекта два этапа работы ITER:

- 1) работа реактор будет происходить в режиме импульсов при мощности термоядерных реакций 400–500 МВт,
- 2) работа реактора в режиме непрерывной работы, с включенной в производство системой производства трития.

Успех данного эксперимента будет означать гигантский прорыв в эволюции человека, подобно изобретению письменности. В том случае, если проект ITER даст удовлетворяющие результаты, то будет построен реактор следующего поколения – DEMO, который послужит прототипом термоядерной электростанции, для промышленной выработки энергии. Однако для начала нужно дождаться окончания строительства самого большого термоядерного реактора, что произойдет к 2025 г., а после обрести успех в этих исследованиях, что по самым оптимистичным прогнозам произойдет это не ранее середины XXI в. [4].

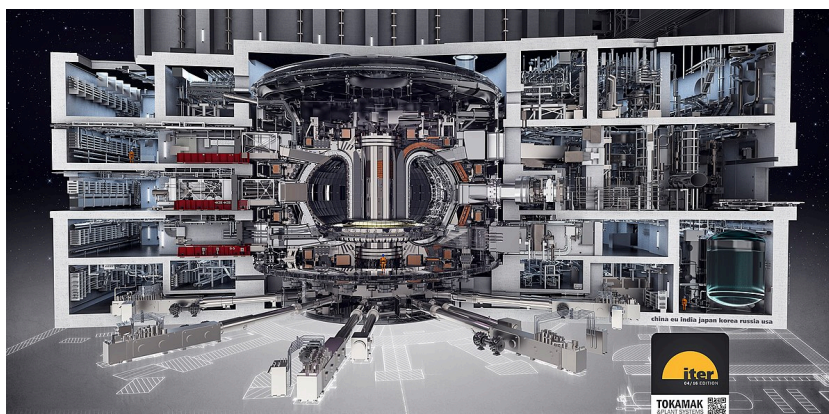


Рис. 9. Токамак ITER

Более 80 % электрической энергии, которая в данный момент вырабатывается на Земле, появляется путем сжигания углеводородов. Согласно неутешительным прогнозам, нефти и газа нам хватит еще на 60–70 лет, а угля – около 200 лет, но использование этих материалов не особо безопасно для окружающего мира. Недостатки и границы, ограничивающие классическую атомную энергетику, неисчерпаемые и возобновляемые источники нам также известны. И потому исследование управляемого термоядерного синтеза – одна из реакций человечества на дефицит энергии, с которым оно может столкнуться в скором будущем.

Поэтому выходом из этой энергетической ловушки является УТС, приручив который, мы получим практически неограниченный источник энергии. К тому же экономический эффект от работы термоядерного реактора, даже после того, как будут вычтены гигантские суммы на строительство и обеспечение подобных установок, очевиден: 1 кг дейтерия содержит скрытую энергию, эквивалентную 80 000 т нефти! Или 700 000 т пороха.

И с конца 1960-х гг., когда успех советских физиков в области управляемой термоядерной реакции стал очевиден, ученые по всему миру пытаются достичь столь важной цели, токамаки появляются по всему миру: в России, Казахстане, США, Европе, Японии, Китае. Они доказали, что создавать и удерживать высокотемпературную плазму, в которой идет реакция, реально.

И на сегодняшний день последний, но самый главный вопрос – когда мы осуществим мечту многих поколений ученых? Ответить на него в свое время попытался один из отцов российского токамака академик Лев Андреевич Арцимович: «Эта задача обязательно будет решена, когда термоядерная энергия будет совершенно необходима человечеству».

Библиографический список

1. Проценко А. П. Энергия будущего. М.: Эврика, 1985. 386 с.
2. Ашкинази Л. А. Токамак. URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/TOKAMAK.html#part-1 (дата обращения: 27.03.2021).
3. Мирнов С. В. Ближайшие перспективы управляемого термоядерного синтеза. М., 2005. 27 с.
4. Частное учреждение «ИТЭР-Центр». На пути к Солнцу. М.: Апостроф, 2020.
5. Википедия. URL: <https://amp.rugoogle-info.cn/56688/1/tokamak.html> (дата обращения: 27.03.2021).

УДК 621.316.925.1

Е. О. Зорина*

студентка кафедры электротехники и электрооборудования предприятий

В. А. Шабанов* – кандидат технических наук, профессор – научный руководитель

*Уфимский государственный нефтяной технический университет

ПРОБЛЕМЫ ОТСУТСТВИЯ ТИПИЗАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЗАЩИТ

До появления микропроцессорных защит рынок устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) был консервативным и преемственным. Развитие аппаратного парка РЗА жестко контролировалось. Новые аппараты перенимали от устаревших устройств, проверенных временем. Если, например, взять реле РТ-40 разных лет, то модели мало чем будут отличаться – и конструкция, и алгоритм срабатывания оставались прежними многие годы.

Однако после появления на рынке в середине 1990-х гг. микропроцессорных (МП) терминалов, ситуация изменилась. Терминалы каждого из разработчиков имеют свои особенности: начиная от разного количества дискретных входов и способов подключения, заканчивая отличиями в логике устройства (жесткая, гибкая или гибридная, комбинированная) [1]. В статье рассматриваются особенности МП терминалов разных производителей и проблемы, связанные с отсутствием их типизации.

На рис. 1 представлена диаграмма распределения МП терминалов на российском рынке по производителям по данным [2].

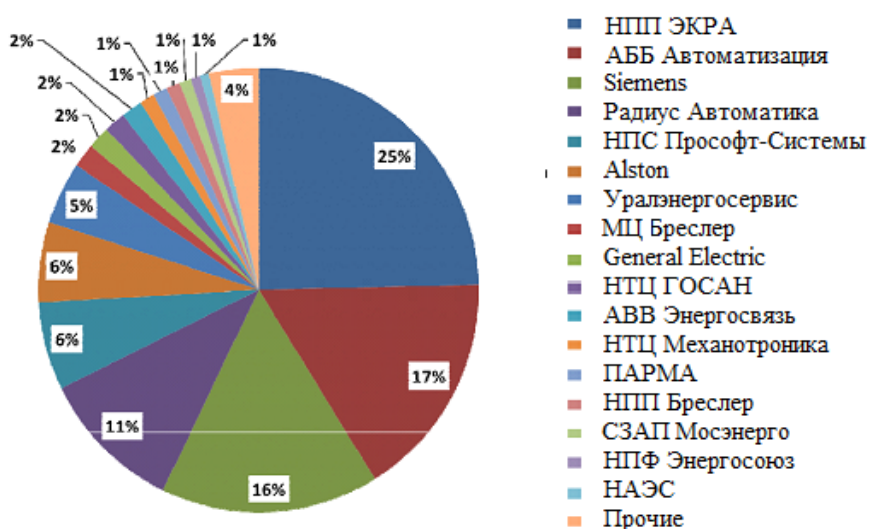


Рис. 1. Распределение МП терминалов по производителям по данным [2]

Как видно из диаграммы, на российском рынке представлены терминалы 18 производителей МП терминалов, в том числе зарубежного производства. Каждый из современных производителей реализует отличающуюся от других архитектуру построения. При этом применение импортных терминалов требует, как правило, внесения изменений в их конфигурацию для исключения ложных срабатываний [3].

На основе анализа технической документации представленных на диаграмме рис. 1 терминалов [4]–[10] можно выделить их следующие отличия:

- разные доступ к изменению логики; уровень помехозащищенности; значение минимального коммутируемого тока у отечественных и зарубежных производителей; каналы связи;
- отличия в обработке сигналов; в уровне сигнала у моделей разных производителей;
- индивидуальные ПО и способы связи с терминалом.

Рассмотрим подробнее перечисленные отличия терминалов.

Современные заводы-изготовители выпускают микропроцессорные терминалы в двух исполнениях по принципу возможности корректировки работы логики – устройства с гибкой и с жесткой логикой. Например, терминалы серии SEPAM 2000 фирмы Schneider Electric, отечественные БМРЗ и

«Сириус» относятся к терминалам с «жесткой» логикой. Недостатком устройств с такой логикой является то, что существует необходимость проектирования устройства с «нуля» для каждой новой задачи.

К МП терминалам с «гибкой» логикой можно отнести устройства серии MiCOM компании Alstom Grid и SIPROTEC 4 фирмы SIEMENS. Основное их достоинство – возможность корректировки логики работы терминала для решения разнонаправленных задач, а недостаток заключается в том, что такая универсальность приводит к замедлению в срабатывании и сложности в совместимости устройств. Существующий опыт эксплуатации показывает, что системы с «жесткой» логикой эффективнее применять там, где обрабатываемый терминалом алгоритм остается неизменным на всем жизненном цикле устройства. Системы на «гибкой» логике, наоборот, эффективны при необходимости частой корректировки алгоритма.

Чтобы минимизировать недостатки «жесткой» и «гибкой» логики, производители МП терминалов стали выпускать устройства с комбинированной логикой – например, МП терминалы серии БЭ2704 НПП «ЭКРА» [11], [12].

Терминалы отличаются по методике испытаний к отдельным видам помех [13] и не все МП РЗА соответствуют требованиям РД по степени жесткости испытаний к отдельным видам помех с сохранением качества функционирования устройства [14]. Подключение нового терминала вносит изменение в электромагнитную обстановку, что особенно опасно, если терминалы от разных производителей.

Отличия в обработке сигналов (число выборок в устройствах разных производителей составляет от 12 до 24 за период промышленной частоты) при совместном использовании разных терминалов приводит к тому, что устройства за один и тот же период будут обрабатывать разный объем поступающей информации.

Существующая разница в технологии изготовления контактов реле («суххе» или блок-контактов выключателей) приводит к проблеме согласования устройств российского и импортного производства по минимальному коммутируемому току. Разница состоит в том, что реле отечественного производства могут не коммутировать малые токи, в то время как у импортных реле технология изготовления контактов обеспечивает возможность коммутации меньших токов [15].

В рассмотренных терминалах реализованы такие каналы связи, как RS-485, MODBUS-RTU, Ethernet, RS-232. Терминалы более раннего выпуска и терминалы современных моделей имеют отличные друг от друга каналы связи. Соответственно, применение на одном предприятии устаревших терминалов и устройств нового поколения создает проблемы для организации обмена данными между ними.

Самое существенное отличие терминалов друг от друга это их интерфейсы и программное обеспечение (ПО). При этом эксплуатирующие организации вынуждены обучать свой персонал под каждое конкретное устройство. Например, у Seram уставки настраиваются уравнениями, которые задаются в программаторе Logirат, что значительно затрудняет эксплуатацию терминала и требует от обслуживающего персонала дополнительных навыков по работе с данным устройством.

Адаптация МП терминалов (и отечественных, и особенно зарубежных) к условиям эксплуатации частую вызывает определенные сложности [16]. Преодолеть их можно только совместно с фирмой-производителем РЗА и специалистами в области наладки и эксплуатации этих терминалов.

Разнообразие технических решений и отсутствие типизации обуславливает как проблемы адаптации МП терминалов при эксплуатации, так и высокую вероятность возникновения неисправностей при выполнении пуско-наладочных работ и при последующей эксплуатации [1]. Это связано со следующими проблемами:

- 1) вопрос выбора и отсутствие нормативных требований к выбору;
- 2) частая смена моделей. Причем вновь выпускаемые модели часто не поддерживают схемы подключения предыдущих версий, отсюда невозможность замены старой версии при ее поломке ввиду прекращения выпуска;
- 3) нехватка квалифицированных кадров – подготовка кадров отстает от развития и разработки новых моделей, отсюда ошибки персонала при эксплуатации и при проектировании. Особенно остро этот фактор проявляется при установке на предприятии терминалов с гибкой логикой;
- 4) отличия в уровне сигнала у моделей разных производителей;

5) вторичные цепи МП терминалов могут «ловить» незначительные наводки, которые воспринимаются терминалами сигналом к срабатыванию, что было исключено на электромеханических реле. Заземление контрольных кабелей не всегда исключает данный фактор.

Введение новых терминалов к уже эксплуатируемым, имеющих разного производителя, вносит изменение в электромагнитную обстановку, повышается воздействие электромагнитных помех на терминалы;

6) большие затраты на разработку проекта и отчетно-исполнительской документации, как следствие, возникновение технических ошибок.

Эти отличия терминалов РЗА и перечисленные проблемы, обусловленные разнообразием терминалов и отсутствием их типизации, усложняют их проектирование, монтаж, расчеты, эксплуатацию и часто являются причиной неправильных действий в их работе. Все ошибки можно разделить на две группы: организационные и технические.

Рассмотрим, как проявляются описанные проблемы, обусловленные разнообразием терминалов и отсутствием их типизации в условиях реальной эксплуатации. Для этого проведем анализ статистики неправильных срабатываний терминалов РЗА.

Все причины неправильных срабатываний можно разделить на две группы: организационные и технические. Организационные ошибки могут возникать на всех уровнях жизненного цикла терминалов от разработки и изготовления до эксплуатации, ремонта и старения. В соответствии с процессом жизненного цикла организационные причины неправильных действий РЗА можно разделить на ошибки разработчиков, завода-изготовителя, проектных организаций, персонала; недостатки инструкций по эксплуатации и методик по наладке и проверке РЗА, в организации эксплуатации. Технические причины неправильных действий РЗА – это дефекты в аппаратуре, программном обеспечении; ошибки в выставлении уставок, при обслуживании. Одно и то же неправильное действие РЗА часто имеет и организационную, и техническую причины.

В табл. 1 приведено количество ошибок МП РЗА в единой национальной электрической сети (ЕНЭС) по организационным причинам в 2014 г. по данным [2].

Таблица 1

Число неправильных срабатываний по организационным причинам [2]

Организационная причина	Количество неправильных срабатываний	
	число	процент
Вина разработчиков (логическая часть и алгоритмы)	4	3,7
Вина заводов-изготовителей (неисправности в аппаратной части)	28	25,9
Вина проектных организаций (отсутствие типовых решений)	8	7,4
Вина монтажно-наладочного персонала (некачественный монтаж, низкое качество материалов)	23	21,3
Ошибки служб РЗА	5	4,6
Вина оперативного персонала	2	1,9
Вина ремонтного персонала	1	0,9
Старение оборудования (устройств и контрольных кабелей)	5	4,6
Организационная причина не выяснена	4	3,7
Прочие причины	28	25,9
Всего	108	100

Наиболее значимыми организационными причинами неправильной работы МП устройств РЗА на протяжении многих лет остаются ошибки: заводов-изготовителей (25,9 %), монтажно-наладочного персонала (21,3 %), а также проектных организаций и разработчиков.

Технические причины тех же 108 неправильных срабатываний МП РЗА, что и в табл. 1, приведены укрупненно в табл. 2.

Таблица 2

Технические причины неправильных срабатываний МП РЗА [2]

Техническая причина	Количество неправильных срабатываний	
	число	процент
Дефекты и неисправность микропроцессорной части	16	14,8
Дефекты и сбои программного обеспечения	5	4,6
Ошибки при настройке параметров уставок	15	13,9
Ошибки в задании и выполнении схем	10	9,3
Ошибки в инструкциях по обслуживанию и эксплуатации	3	2,8
Неисправности элементов вторичной коммутации	14	13,0
Неисправности трансформаторов тока, напряжения, оперативных цепей	16	14,8
Дефекты и неисправности электромеханической, полупроводниковой и другой аппаратуры	4	3,8
Ошибки персонала при работе с коммутационными устройствами, при работе на панелях, в шкафах и в цепях	2	1,9
Старение реле, аппаратуры РЗА и контрольных кабелей	1	0,9
Прочие технические причины	18	16,7
Техническая причина не выяснена	4	3,7
Всего	108	100

Среди технических причин наиболее часто встречаются неисправности и дефекты МП аппаратуры (14,8 %), ошибки в задании и выставлении уставок (13,9 %), неисправности элементов вторичной коммутации (13 %). Часто встречаются неисправности трансформаторов тока и напряжения (14,8 %).

По данным [2] 108 случаев неправильной работы МП защит, приведенных в табл. 1 и 2, составляют 40 % от общего числа случаев неправильной работы с учетом защит на электромеханической базе. В то время как оснащенность ЕНЭС МП устройствами составляла на тот момент 24 %. Если ввести коэффициент неправильных действий как отношение относительного числа неправильных действий к относительному числу защит, то получим значение коэффициента неправильных действий для МП защит $k_{МП}=1,67$. Аналогичный коэффициент для защит на электромеханической базе (76 % от общего числа и 60 % неправильных действий) составит 1,27, что в 1,3 раза меньше, чем для МП защит.

Выводы

Разнообразие технических решений и отсутствие типизации МП терминалов обуславливает высокую вероятность как организационных, так и технических причин неправильных действий МП защит.

Одно и то же неправильное действие РЗА имеет, как правило, и организационную, и техническую причины. Наиболее значимыми организационными причинами неправильной работы МП устройств РЗА являются ошибки заводов-изготовителей, монтажно-наладочного персонала, проект-

ных организаций и разработчиков РЗА. Среди технических причин неправильной работы МП терминалов наиболее часто встречаются неисправности и дефекты МП аппаратуры, ошибки в задании и выставлении уставок, неисправности элементов вторичной коммутации.

Значение коэффициента неправильных действий, определяемого как отношение относительного числа неправильных действий к относительному числу защит, для МП защит в 1,3 раза больше, чем для электромеханических защит.

Актуальным для снижения коэффициента неправильных действий является типизация МП терминалов. Необходима разработка единых требований к нормативно технической документации для всех этапов жизненного цикла МП защит от стадии проектирования до эксплуатации. Это позволит повысить качество проектов, рынок МП терминалов станет более регламентированным. Снизятся риски по работе терминалов разных поколений или разных производителей на одном предприятии.

Библиографический список

1. Шеметов А. С. Типизация технических решений по РЗА в «ФСК ЕЭС». URL: <https://digitalsubstation.com/blog/2017/07/19/mnogokriterialnaya-optimizatsiya-inzhenernoj-deyatelnosti-na-osnove-tipovyh-tehnicheskikh-reshenij-rza-i-asu-tp-pao-fsk-ees/> (дата обращения: 01.11.2020).
2. Кузьмичев В. А., Коновалова Е. В., Захаренков А. Ю. Итоги эксплуатации микропроцессорных устройств РЗА в ЕНЭС России. URL: <http://www.myshared.ru/slide/1275333> (дата обращения: 01.11.2020).
3. Беляев А. В., Емельянцева А. Ю. Цифровые терминалы РЗА. Опыт адаптации к российским условиям. URL: <http://masters.donntu.org/2007/elft/pastuhova/library/st7.htm> (дата обращения: 01.11.2020).
4. Docplayer.ru. URL: <https://docplayer.ru/55086044-1-obshchaya-harakteristika-mikroprocessornyh-zashchit-razlichnyh-proizvoditeley.html> (дата обращения: 01.11.2020).
5. Electro-profi.ru. URL: <https://www.electro-profi.ru/katalog/mikroprotsessornaya-zashchita-siemens/siemens-mikroprotsessornaya-zashchita-siprotec/> (дата обращения: 01.11.2020).
6. Пинчуков П. С., Войтюк А. И., Кан С. В. Изучение терминала защиты и автоматики Siemens siprotec 7SA522. URL: <https://docplayer.ru/52329316-Izuchenie-terminala-zashchity-i-avtomatiki-siemens-siprotec-7sa522.html> (дата обращения: 01.11.2020).
7. Gegridsolutions.com. URL: <https://www.gegridsolutions.com/multilin/catalog/urfamily.htm> (дата обращения: 01.11.2020).
8. K-energo.com. URL: <https://k-energo.com/documents/rukovodstva/apparatura-rza-stantsionnaya/PZ%20терминала%20200.pdf> (дата обращения: 01.11.2020).
9. Prosoftsystems.ru. URL: <https://prosoftsystems.ru/catalog/show/mnogofunkcionalnyj-terminal-relejnoj-zaschity-i-avtomatiki-6-35-kv-2305-2308?tab=description> (дата обращения: 01.11.2020).
10. Rza.ru. URL: <https://www.rza.ru/catalog/novinki/sirius-2l-02-novyy-universalnyy-terminal.php> (дата обращения: 01.11.2020).
11. Дони Н. А., Левиуш А. И., Тонких Е. В. О предельных длинах ВЛ, защищаемых дифференциально-фазными защитами без устройств компенсации емкостных токов // Электрические станции. 2003. № 2.
12. Гура Д. Н. Применение «жесткой» и «гибкой» логики в микропроцессорных устройствах релейной защиты (МП УРЗА). Проблемы совместимости УРЗА различных производителей. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-zhestkoy-i-gibkoy-logiki-v-mikroprotsessornyh-ustroystvah-relejnoj-zaschity-mp-urza-problemy-sovmestimosti-urza-razlichnyh> (дата обращения: 01.11.2020).
13. Сушко В. А. Микропроцессорные защиты присоединений 6–35 кВ. Сравнительный анализ. URL: <http://news.elteh.ru/arh/2007/44/09.php> (дата обращения: 01.11.2020).
14. Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России». Департамент науки и техники. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. РД 34.35.310-97.
15. Сушко В. А. Микропроцессорные защиты присоединений 6–35 кВ. Сравнительный анализ. URL: <http://news.elteh.ru/arh/2007/43/05.php> (дата обращения: 01.11.2020).
16. Беляев А. В., Широков В. В., Емельянцева А. Ю. Цифровые терминалы РЗА. Опыт адаптации к российским условиям // Новости электротехники. 2007. № 1 (43), № 2 (44).

УДК 62-97/-98

Н. Д. Иванов

студент кафедры электромеханики и робототехники

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДВЕСА

Активный магнитный подвес (АМП) предназначен для бесконтактного подвеса и центрирования роторов вращающихся машин различного назначения и парирования внешних нагрузок на ротор в режимах эксплуатации. Принцип работы АМП основан на магнитной левитации ферромагнитных тел в магнитном или электромагнитном полях, создаваемых внешними источниками. В настоящее время АМП получил стремительное распространение ввиду его явных преимуществ по сравнению с традиционными подшипниками – скольжения, качения и газодинамическими.

Конструктивно АМП состоит из двух основных частей (рис. 1): электромеханической части, или, собственно, магнитных подшипников, и электронной системы управления.

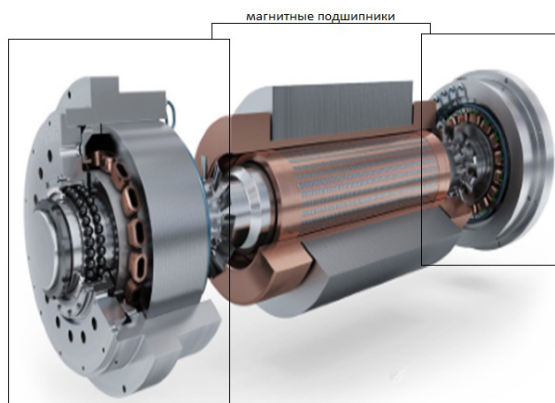


Рис. 1. Активный магнитный подвес

Магнитный подвес включает в себя: ротор, статор, в пазы которого уложены обмотки электромагнитов, и датчики положения ротора. Электронная система управления содержит регуляторы и усилитель мощности. Используя информацию, поступающую с датчиков перемещения, эта система управляет положением ротора путем изменения токов в электромагнитах. Соответствующий выбор закона управления токами позволяет обеспечить устойчивое положение ротора в его центральном положении, а также получить желаемые значения жесткости и демпфирования подвеса [1].

Для проведения экспериментов по оценке и анализу динамических характеристик АМП требуется проведения ряда испытаний. Экспериментальная оценка чувствительности датчиков положения (ДП) производится в следующем порядке:

- изделие с САМП (системой АМП) устанавливается на стенде и с помощью соединительных жгутов подключается к электронному блоку управления (БУ);
- ротор устанавливается в штатное центральное положение, контролируемое соответствующими измерительными средствами – индикаторами смещения, прокладками определенной толщины и т. д.
- на ДП подается штатное (по частоте, форме и амплитуде) питающее напряжение;
- проводится проверка полной балансировки ДП, подтверждаемой отсутствием сигнала на выходе измерительного блока [2], [3].

Экспериментальная оценка несущей способности радиальных АМП производится в следующем порядке:

- ротор, лежащий на радиальных страховочных опорах, дополнительно нагружается в радиальном направлении (вертикально вниз) определенной статической нагрузкой $F_0^{(r)}$ [Н] (рис. 2);

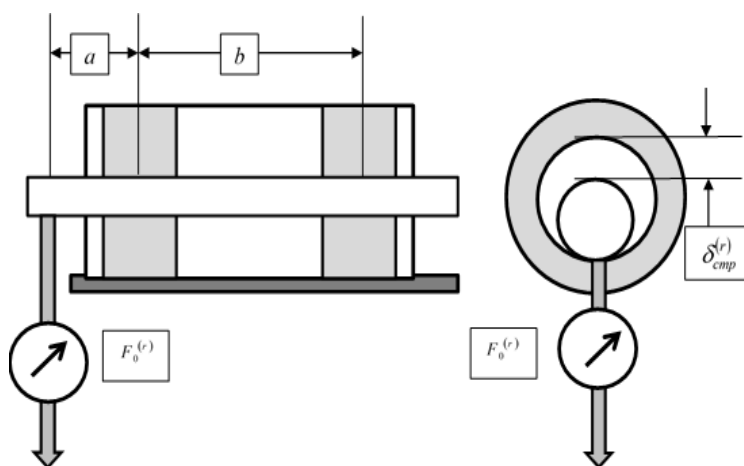


Рис. 2. Схема экспериментальной оценки несущей способности радиальных АМП

– включается силовой выход БУ, отвечающий обмотке верхнего радиального АМП (при расположении силовых осей радиального АМП под углом 45° включаются два силовых выхода, отвечающих «верхним» обмоткам);

– на обмотку (обмотки) АМП подается постоянное напряжение, величина которого постепенно увеличивается от некоторой малой величины с помощью соответствующего входного сигнала силового широтно-импульсного модулятора (ШИМ);

– с помощью встроенного в БУ датчика тока или отдельного измерительного прибора в силовой цепи одновременно контролируется (измеряется) сила тока в обмотке (обмотках) АМП;

– увеличение напряжения производится до момента отрыва цапфы ротора от страховочной опоры, при этом фиксируется значение тока в обмотке $I_{отр}^{(r)}$ [А] в момент отрыва;

– по итогам серии экспериментов, проводимых при различных значениях статической нагрузки (до значения расчетной несущей способности), составляется таблица экспериментальных данных;

– определяется экспериментальная силовая характеристика путем обработки экспериментальных данных с помощью расчетных соотношений.

Для проведения сравнения экспериментальных данных и имеющейся расчетной зависимости оформляются протокол испытаний и выводы о возможности обеспечения радиальным АМП необходимой несущей способности.

Таблица 1

Экспериментальная оценка несущей способности

Номер эксперимента	1	...	j	...	N
Величина статической нагрузки [Н]	$F_{01}^{(r)}$	...	$F_{0j}^{(r)}$	...	$F_{0N}^{(r)}$
Величина тока в обмотке в момент отрыва цапфы от страховочной опоры [А]	$I_{отр1}^{(r)}$	...	$I_{отрj}^{(r)}$	...	$I_{отрN}^{(r)}$

Обработка экспериментальных данных табл. 1 для определения несущей способности АМП проводится с помощью расчетных соотношений:

$$F_{Mj}^{[r]} = \left(1 + \frac{a}{b}\right) \cdot F_{0j}^{(r)} + \frac{Mg}{2};$$

$$I_j^{(r)} = \frac{\delta_0^{(r)}}{\delta_{\text{стр}}^{(r)}} \cdot I_{\text{отрj}}^{(r)},$$

где a [м] – расстояние от оси приложения статической нагрузки до оси действия радиальной электромагнитной силы, создаваемой контролируемым АМП (определяется условиями проведения эксперимента по рис. 2);

b [м] – расстояние между осями действия радиальных электромагнитных сил, создаваемых АМП;

M [кг] – общая масса ротора;

$g = 9,8$ [м / с²] – ускорение свободного падения;

$\delta_0^{(r)}$ [м] – величина воздушного рабочего зазора радиальных АМП на радиус;

$\delta_{\text{стр}}^{(r)}$ [м] – величина зазора радиальных страховочных опор на радиус (рис. 1).

Экспериментальное определение несущей способности АМП в осевом направлении производится в аналогичном порядке. На рис. 3 приведен общий вид графика зависимости силовых характеристик, на основании которого определяется коэффициент передачи электромагнита по соотношению [4]:

$$k_{Mk} = \tan \alpha_k.$$

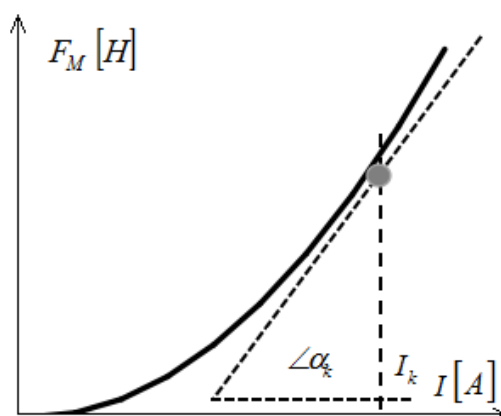


Рис. 3. График зависимости силовых характеристик АМП

Заключение

В данной работе приведена методика оценки основных динамических характеристик системы активного магнитного подвеса на основе амплитудно- и фазочастотных характеристик замкнутой системы по задающему воздействию, получаемых экспериментально в процессе пуско-наладочных работ или рассчитываемых на этапе эскизного проектирования.

Библиографический список

1. Журавлев Ю. Н. Активные магнитные подшипники: теория, расчет, применение. СПб: Политехника, 2003. 206 с.
2. Студопедия. Передаточная функция разомкнутых и замкнутых систем. URL: https://studopedia.ru/9_39872_peredatochnie-funktsii-razomknutih-i-zamknutih-sistem.html (дата обращения: 12.12.2020).
3. Электроникс. URL: <https://electronix.ru/forum/index.php?app=forums&module=forums&controller=topic&id=54384> (дата обращения: 23.12.2020).
4. Кацнельсон О. Г., Эдельштейн А. С. Магнитная подвеска. М.: Энергия, 1966. 96 с.

УДК 67.02

К. С. Исаков

студент кафедры управления в технических системах

Д. А. Павлюков

студент кафедры электромеханики и робототехники

Л. В. Соболева – ассистент – научный руководитель

РАСЧЕТ ОКРУЖНЫХ, РАДИАЛЬНЫХ И АКСИАЛЬНЫХ УСИЛИЙ НА ВАЛ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА

Современный мир не может жить без переизбытка того, что можно переработать, будь то огромные острова из пластика, которые плавают в океанических водах, или же горная руда, которую нужно переработать, и извлечь из нее драгоценные породы. Второе – человек уже научился делать, так как проще создать что-то новое, выкинув старое, чем взять что-то старое, переработать и сделать из него что-то новое. Поэтому хотелось бы обратиться к книге «4-я промышленная революция». Данная книга – это видение Клауса Шваба на тему того, как развивается современный мир, и как быстрорастущие технологии преобразят его в будущем [1]. На наш взгляд, одним из первых, к чему стоит стремиться человечеству, – научиться использовать ресурсы, которые просто так валяются, это нужно сделать по одной простой причине: ископаемые материалы небесконечны, а то, что мы выбрасываем в своей повседневной жизни, превращается в огромные свалки и загрязняет окружающую среду, делая хуже нам самим.

Шредеры – это одни из популярных видов измельчительной техники. Они работают на принципе дробления. Дроблением называется процесс измельчения исходного материала, при котором измельченный продукт не имеет определенной формы.

Для переработки пластика была выбрана конструкция одновалового шредера. Основными частями шредеров являются: корпус, ножи, вал и двигатель.

Как правило, большую часть корпуса делают неразборной для увеличения надежности. Корпус форма и конструктивные особенности корпуса подбираются под форму и размер ножей, а также под длину и диаметр вала, на который закрепляются ножи.

В данной статье мы рассчитаем диаметр вала, окружное усилие, радиальное усилие и подберем длину вала, на который будут крепиться ножи нашего шредера.

Для наглядности покажем, как выглядит в теории прототип нашего шредера для переработки пластика.

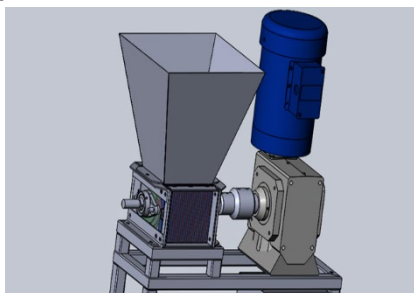


Рис. 1. Шредер (общий вид)

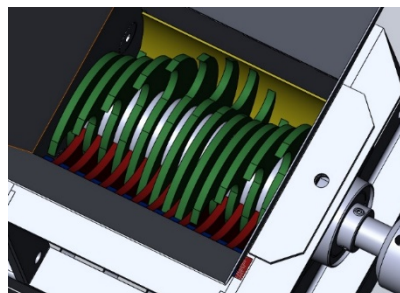


Рис. 2. Шредер (вид ножей сверху)

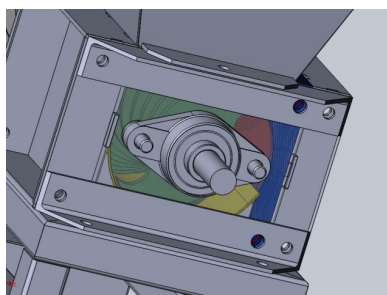


Рис. 3. Шредер (вид сбоку, одна стенка сделана прозрачной)

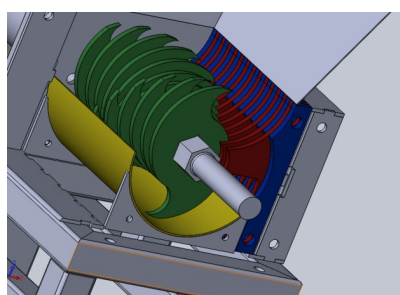


Рис. 4. Шредер (вид ножей с погашением прочих элементов сборки)

Подбор конструкции – это только начало. Для того чтобы шредер перемалывал пластиковые детали и не происходило заклинивание двигателя, нужно рассчитать, какое сопротивление будет давать пластиковые детали на вал двигателя.

Чтобы понять какой момент должен быть на валу двигателя определимся с плотностью распространенных типов пластика, которые будут подвержены переработки.

Существует большое количество полимеров с различными свойствами и структурой. В книге Л. Н. Новиченко и З. П. Шульмана «Теплофизические свойства полимеров» имеется список всех известных на тот момент полимеров, откуда мы и возьмем данные. По таблице теплофизических свойств полимеров самой большой плотностью будет Политетрафторэтилен с плотностью 2154, кг/м³. Этот материал используют в качестве антикоррозионного продукта и благодаря незначительной теплопроводности ее используют в химической промышленности и т. д. [2].

Исходные данные: возьмем кубик политетрафторэтилена объемом $V = 0,001$ м³, плотность политетрафторэтилена $\rho = 2154$ кг/м³.

Нужно отметить, что все расчеты сделаны по Методическим указаниям к курсовому проектированию А. И. Скалон, И. Н. Лукьяненко «Проектирование механизмов приборов» [3]:

$$F = m \cdot g, \quad g = 9.8 \text{ м/с}^2$$

$$m = V \cdot \rho$$

$$F = V \cdot \rho \cdot g = 21.109 \text{ (Н)}$$

$$r = 0.25 \text{ (м)}$$

$$M = F \cdot r = 5.277 \text{ (Н*м)},$$

где

m – масса данного кубика,

r – плечо,

M – Необходимый момент кручения для разрушения.

Зная это, мы можем найти окружное усилие и радиальное усилие.

При $d = 0.6$ (м), а $\alpha = 20$ (град).

Расчет окружного усилия:

$$P_1 = (2 \cdot M \cdot 10) / d = 175.91 \text{ (Н)}$$

Расчет радиального усилия:

$$T_1 = P_1 \cdot \tan(\alpha) = 64.026 \text{ (Н)}$$

Схема вида шредера сверху представлена на рис. 5,

где

B (толщина стенок корпуса) = 5 мм

C (толщина ножа) = 5 мм

D (толщина шайбы) = 5 мм.

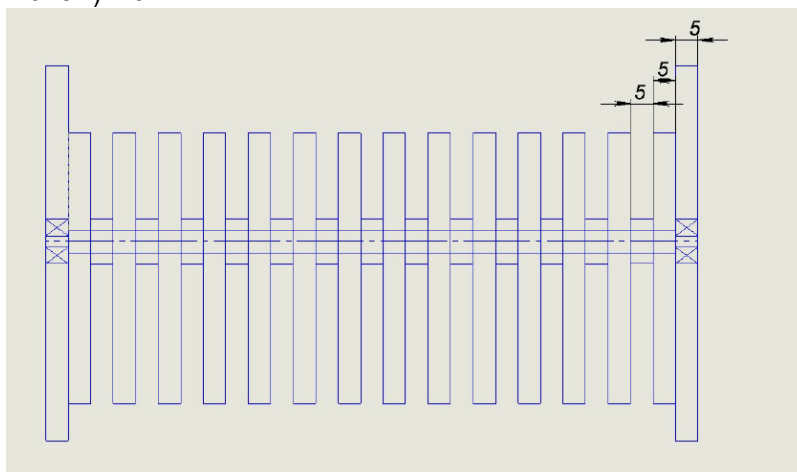


Рис. 5. Вид шредера сверху [4]

Длина вала, на который буду закрепляться ножи и шайбы, $L = 2B + 14C + 13D = 145$ мм.

Теперь рассчитаем диаметр вала. Составим расчетную схему вала:

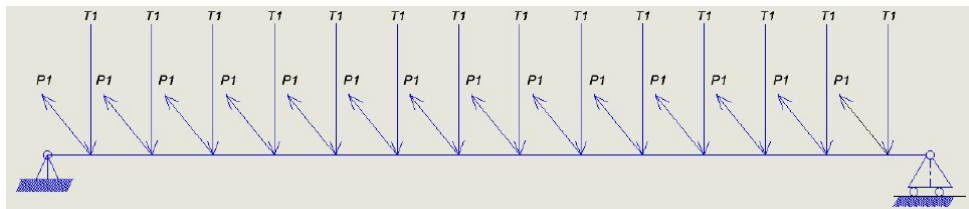


Рис. 6. Расчетная схема вала: P_1 – окружное усилие; T_1 – радиальное усилие [4]

Рассмотрим плоский изгиб «а» в плоскости YOZ,

где

$L = 145$ – длина вала,

$a_1 = 5$ – расстояние от центра корпуса до центра ножа,

$a_2 = 5+5/2+5/2 = 10$ – расстояние между ножами.

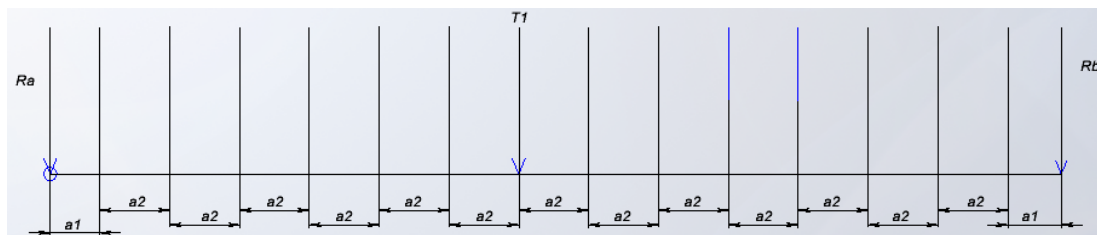


Рис. 7. Схематическое изображение расстояния от центра корпуса до центра ножа и расстояния между ножами [4]

Рассчитаем усилия на опоры:

$$R_{Hb} = (-T_1 \cdot (a_1 + a_2 \cdot 7)) / l = -33.117 \text{ (H)}$$

$$R_{Ha} = (-T_1 \cdot (a_1 + a_2 \cdot 6)) / l = -28.701 \text{ (H)}$$

Выполним проверку:

$$R_{Hb} + R_{Ha} + T_1 = 2.208 \text{ H}$$

Теперь стоит рассмотреть усилия, действующие в плоскости YOZ:

Опора «а»:

$$0 \leq x_1 \leq a_1 + a_2 \cdot 7 \text{ и } 0 \leq x_2 \leq a_1 + a_2 \cdot 6$$

$$M_1 = R_{Ha} \cdot x_1 \text{ и } M_1 = R_{Hb} \cdot x_2$$

$$x_1 = 0; M_1 = 0 \text{ и } x_2 = 0; M_1 = 0$$

$$x_1 = a_1 + (a_2 \cdot 7) = 75 \text{ и } x_2 = a_1 + (a_2 \cdot 6) = 65$$

$$M_y = -R_{Ha} \cdot x_1 = 2.153 \cdot 10^3 \text{ и } M_y = -R_{Hb} \cdot x_1 = 2.153 \cdot 10^3$$

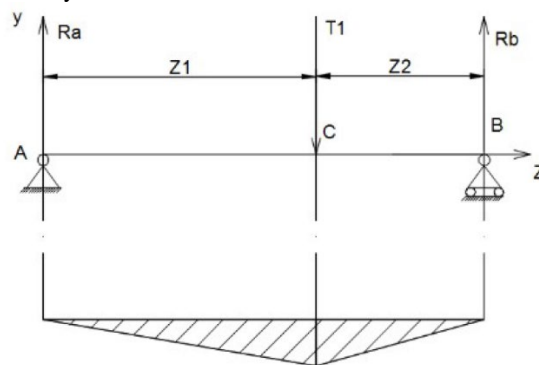


Рис. 8. Эюра M_x

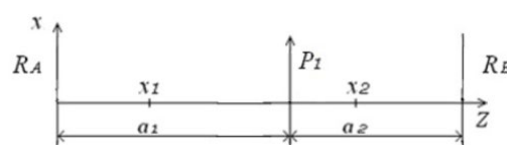


Рис. 9. Усилия, действующее в плоскости XOZ

Определим реакции в опорах из условия равновесия:

$$P_{Vb} = (-P_1 \cdot (a_1 + a_2 \cdot 7)) / l = -90.988 \text{ (H)}$$

$$P_{Va} = (-P_1 \cdot (a_1 + a_2 \cdot 6)) / l = -78.856 \text{ (H)}$$

Выполним проверку:

$$P_{Vb} + P_{Va} + P_1 = 6.066 \text{ (H)}$$

Рассмотрим усилия, действующие в плоскости XOZ:

$$0 \leq x_1 \leq a_1 + a_2 \cdot 7 \text{ и } 0 \leq x_2 \leq a_1 + a_2 \cdot 6$$

$$M_1 = R_{Va} \cdot x_1 \text{ и } M_1 = R_{Vb} \cdot x_2$$

$$x_1 = 0; M_1 = 0 \text{ и } x_2 = 0; M_1 = 0$$

$$x_1 = a_1 + (a_2 \cdot 7) = 75 \text{ и } x_2 = a_1 + (a_2 \cdot 6) = 65$$

$$M_x = R_{Va} \cdot x_1 = -6.824 \cdot 10^3 \text{ и } M_x = R_{Vb} \cdot x_1 = -5.914 \cdot 10^3$$

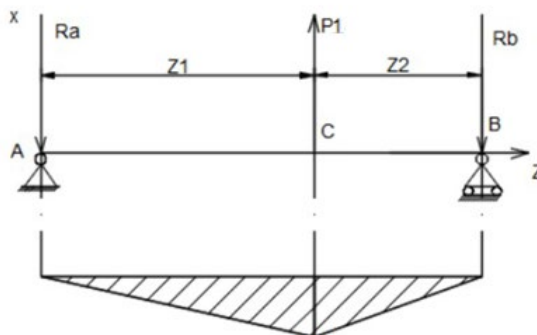


Рис. 10. Эпюра M_y

Рассчитаем наибольший изгибающий момент и диаметр вала:

$$M_{пр} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} = 6.294 \cdot 10^3$$

$$D = (M_{пр} / (0.1 \cdot 10^4))^{1/3} = 1.846 \text{ (см)}$$

Полученное значение диаметра округляем до ближайшего большего значения по ГОСТ 6366-90, в итоге получаем диаметр вала равный 2 см. В целях исключения деформации вала из-за каких-либо неучтенных нагрузок на ножи, которые в свою очередь передадут нагрузку на вал, возьмем диаметр вала с маленьким запасом. В итоге имеем диаметр вала равный 25 мм.

Выводы

Таким образом, нам удалось рассчитать диаметр вала, окружное усилие, радиальное усилие и длину вала, на который будут закрепляться ножи нашего shreddera. Нужно отметить, что полученные значения относятся только к материалу, плотность которого не превышает рассматриваемые 2154 кг/м³.

Длина вала $L = 145$ мм, а его диаметр $d = 25$ мм. Все рассчитанные значения нужны для того, чтобы в дальнейшем подобрать двигатель и редуктор для нашего shreddera.

Библиографический список

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М., 2018. 208 с.
2. Новиченок Л. Н., Шильман З. П. Теплофизические свойства полимеров. Минск: Наука и техника, 1971. 116 с.
3. Скалон А. И., Лукьяненко И. Н. Проектирование механизмов приборов. Методические указания к курсовому проектированию. СПб.: ГУАП, 2011. 550 с.
4. Иванов М. Н. Детали машин. Высшая школа, 3-е издание. 2005. 383 с.

УДК 67.05

К. С. Исаков

студент кафедры управления в технических системах

Л. В. Соболева – ассистент – научный руководитель**АНАЛИЗ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ**

Переработка материалов посредством измельчения – самый эффективный способ экономии места для хранения и транспортировки какого-либо материала. Помимо этого, измельченный материал можно перерабатывать с меньшими затратами времени, энергии и ресурсов оборудования.

Измельчение – процесс уменьшения размеров исходного продукта до заданных размеров конечного продукта. Различают два вида измельчения:

- 1) дробление, при котором измельченный материал не имеет определенной формы;
- 2) резание, когда одновременно с уменьшением размера частицам придается определенная форма.

В зависимости от характера действующих сил различают измельчение:

- раздавливанием (разрушением сжатием);
- разрыванием (разрушением при растяжении);
- разламыванием (разрушением при изгибе);
- скручиванием (разрушением при кручении);
- истиранием (разрушением при сдвиге);
- резанием (разрушением при сжатии и сдвиге).

Тот или иной способ измельчения применяется в зависимости от цели, которая преследуется операцией, то есть от вида продукта после его обработки. На практике применяют, как правило, одновременно несколько способов измельчения: раздавливанием и истиранием, разламыванием и скручиванием, истиранием и резанием и т. д. [1].

В своей статье «Энергосберегающая роторно-центробежная мельница для тонкого помола сыпучих и кусковых материалов» А. А. Гарабажиу очень интересно описывает свое исследование на эту тему [2]. Но мы рассматриваем не только мельницы, поэтому по данным, предоставленным «Информационным студенческим ресурсом» (дата обращения: 02.01.2021), условно различают следующие размерные классы измельчения продуктов:

Таблица 1

Виды измельчения [1]

Вид измельчения	Размер кусков, мм		Степень измельчения
	до измельчения	после измельчения	
Дробление			
Крупное	1500...300	300...1000	2...6
Среднее	300...100	50...10	5...10
Мелкое	50...10	10...3	10...50
Помол			
Грубый	10...3	3...0,1	5...100
Тонкий	3...0,1	0,1...0,05	100
Сверхтонкий	-	0,05...0,001	>100

Машины для измельчения делят на дробилки и мельницы. Классификация дробильно-помольного оборудования представлены на рис. 2.



Рис. 1. Циклы измельчения: а – открытый; б – замкнутый [1]



Рис. 2. Классификация дробильно-помольного оборудования [1]

Большой популярностью на рынке измельчительных устройств пользуются шредеры, измельчающие продукт посредством дробления.

Шредер (Schroeder) – устройство для измельчения изделий из пластика в очень мелкие полоски или крошечные кусочки. Шредер может быть как открытым, так и замкнутым (в последнем можно контролировать размер получаемого продукта).

Ниже приведены фотографии популярных моделей шредеров. Фотографии приведены в качестве наглядного примера. Производители, модель и подобная информация не указаны намеренно.

Из фотографий видно, что данные устройства работают по одному принципу, различия имеются лишь в размере, форме, количестве лезвий и осей с лезвиями. Все это связано с тем, для чего разрабатывался тот или иной шредер.



Рис. 3. Первая подборка шредеров с различными видами ножей

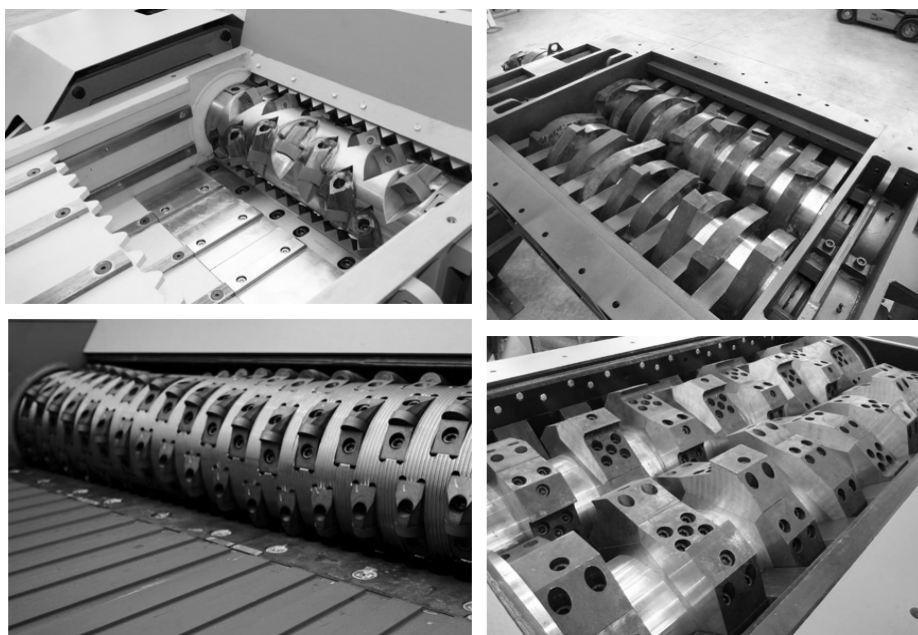


Рис. 3. Вторая подборка шредеров с различными видами ножей

Можно сделать выводы, что шредеры популярны по ряду причин:

- скорость, простота и однородность измельчения первичного сырья (приходится жертвовать тем, что переработанное сырье – флексы имеют разную форму и размер, но, как правило, эти показатели не так важны);
- высокая надежность (поломка может быть связана только с лезвиями и электроникой);
- отличная ремонтопригодность (все детали легко и быстро заменяются или восстанавливаются);
- высокая износостойкость (лезвия, подшипники и двигатели имеют свой ресурс);
- при замкнутом способе измельчения можно регулировать размер продукта на выходе.

В данном случае ресурс оборудования задается ресурсом электродвигателя (хотя самым «слабым» элементом являются лезвия, но заточка лезвий происходит в кратчайшие сроки и с четкой периодичностью, поэтому мы будем опираться на электродвигатель, который может выйти из строя неожиданно).

В настоящее время надежность двигателей электроприводов во всех областях промышленности очень низкая. Ежегодно выходят из строя и ремонтируются до 30 % парка электрических машин. Подавляющее большинство их после ремонта возвращается на предприятие и эксплуатируется до следующего выхода из строя. Машина может ремонтироваться 3–4 раза, а время наработки на отказ составляет 0,5...1,5 г. [3].

Из курса письменных лекций В. Е. Воробьева, В. Я. Кучера «Прогнозирование срока службы электрических машин» можно увидеть, что уже исследованы механизмы влияния факторов на эксплуатационную надежность и срок службы асинхронных двигателей. Основными из них являются следующие:

- качество активных и конструкционных материалов, используемых при изготовлении электрических машин;
- качество изготовления электрических машин;
- качество электроэнергии;
- несоответствие условий применения машин их исполнению, пусковым и рабочим характеристикам;
- отсутствие надлежащего обслуживания машин и низкое качество их ремонта.

Наиболее часто перегрев обмоток возникает при заторможенном роторе (заклинивании), обрыве фазы статора, отклонении напряжения сети от нормируемых значений и асимметрии питающего напряжения [4].

Степени защиты, виды исполнения и категории размещения электрооборудования регламентируются ГОСТ Р МЭК 60034-5-2007 [5].

Все это нужно учитывать и разрабатывать меры защиты при конструировании измельчительных устройств.

Выводы

Таким образом, в данной статье был выявлен самый популярный вид измельчительных устройств – шредер, работающий по принципу дробления, при котором измельченный материал не имеет определенной формы. При должном обслуживании шредеры – это весьма надежные, долговечные и широкопрофильные измельчительные устройства, которые помогают экономить место, например, на складе либо при транспортировке материала. Было выявлено слабое звено в схеме надежности шредеров, им оказался электродвигатель, если не учитывать ножи, которые берут на себя основную нагрузку в плане износа устройства.

Библиографический список

1. Информационный студенческий ресурс. URL: https://studopedia.net/4_13729_vidi-izmelcheniya-klassifikatsiya-izmelchiteley.html (дата обращения: 02.01.2021).
2. Гарабжун А. А. Энергосберегающая роторно-центробежная мельница для тонкого помола сыпучих и кусковых материалов // Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков: материалы докл. Междунар. интернет-конф., 20 октября 2002 г. / Минист. образ. РФ. БелГТАСМ. Белгород: БелГТАСМ, 2002. С. 26, 32.
3. Котеленец Н. Ф., Кузнецов Н. Л. Испытания и надежность электрических машин. М.: Высшая школа, 2006. 432 с.
4. Воробьев В. Е., Кучер В. Я. Прогнозирование срока службы электрических машин. СПб.: СЗТУ, 2004. 56 с.
5. Общие технические требования к асинхронным электродвигателям. ГОСТ 31606-2012.

УДК 67.05

К. С. Исаков

студент кафедры управления в технических системах

Л. В. Соболева – ассистент – научный руководитель**АНАЛИЗ РЫНКА АДДИТИВНЫХ УСТАНОВОК**

Стоит начать с того, что современный мир меняется и развитие технологий растет и ускоряет свои темпы роста в геометрической прогрессии. Поэтому хотелось бы сразу обратиться к книге «4-я промышленная революция». Данная книга – это видение Клауса Шваба на тему того, как развивается современный мир, и как быстрорастущие технологии преобразят его в будущем [1].

Аддитивное производство – это процесс изготовления деталей, основанный на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем, в отличие от вычитающего (субтрактивного) и традиционного формообразующего производств. Сразу же следует отметить, что аддитивное производство – это создание изделия исключительно по цифровой 3D-модели, разработанной в среде CAD-системы. Следовательно, использование современных компьютерных, аппаратных и программных средств – обязательно.

3D-модель при работе с аддитивными установками автоматически включает в себя следующие понятия и методы моделирования: полигонизация, триангуляция, разбиение модели по слоям, деление площади слоя на ячейки спекания или сплавления). Также следует отметить, что наряду с принципом «наращивания изделия слой за слоем», в стандарте допускаются и иные подходы к созданию изделий. Отличительной чертой аддитивных установок является неразрывность и целостность всего процесса от проектирования изделия и до его изготовления.



Рис. 1. этапы создания изделия
посредством аддитивных устройств



Рис. 2. Сравнение аддитивного производства
с другими видами производства деталей [3]

В книге «Внедрение и развитие Индустрии 4.0. Основы, моделирование и примеры из практики» приведены отличные примеры того, как применяются современные технологии для создания сложных деталей с интересной конструкцией [2].

По сути, основной отличительной чертой такого процесса создания объекта является то, что деталь «выращивается». Если при традиционном производстве в начале мы имеем заготовку, от которой потом отсекаем все лишнее, либо деформируем ее, то в случае с аддитивными технологиями –

из ничего (из аморфного расходного материала) выстраивается новое изделие. В зависимости от технологии, объект может строиться снизу-вверх или, наоборот, получая различные свойства благодаря своей сложной структуре.

Зададим границы исследования: в данной статье будем рассматривать аддитивные установки, произведенные в России, о которых стало известно не больше, чем 5 лет назад. Будем опираться на данные министерства промышленной торговли (МИНПРОМТОРГ) России.

Наиболее распространенные технологии аддитивного производства:

- FDM (*Fused deposition modeling*) – послойное построение изделия из расплавленной пластиковой нити. Это самый распространенный способ 3D-печати в мире, на основе которого работают миллионы 3D-принтеров – от самых дешевых до промышленных систем трехмерной печати. FDM-принтеры работают с различными типами пластиков, самым популярный и доступный из которых ABS. Изделия из пластика отличаются высокой прочностью и гибкостью, прекрасно подходят для тестирования продукции, прототипирования, а также для изготовления готовых к эксплуатации объектов.

- SLM (*Selective laser melting*) – селективное лазерное сплавление металлических порошков. Является самым распространенным методом 3D-печати металлом. С помощью этой технологии можно быстро изготавливать сложные по геометрии металлические изделия, которые по своим качествам превосходят литейное и прокатное производство.

- SLS (*Selective laser sintering*) – селективное лазерное спекание полимерных порошков. С помощью этой технологии можно получать большие изделия различными физическими свойствами (повышенная прочность, гибкость, термостойкость и др.).

- SLA (*Stereolithography*) – лазерная стереолитография, отверждение жидкого фотополимерного материала под действием лазера. Эта технология аддитивного цифрового производства ориентирована на изготовление высокоточных изделий с различными свойствами.

- DMD (*Direct Metal Deposition*) – прямое или непосредственное осаждение (материала), то есть непосредственно в точку, куда подводится энергия и где происходит в данный момент построение фрагмента детали. С помощью этой технологии возможно создание крупных изделий сразу из нескольких видов сплавов, а также производить ремонт таких дорогостоящих компонентов, как лопатки турбин авиадвигателей [3].

Если говорить о документации, при помощи которой можно подробнее узнать об аддитивных технологиях, то в ГОСТ Р 2.0.182-1.001.16. «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1 [4]. Термины и определения» и в ГОСТ Р 2.0.182-1.001.16. «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2 [5]. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования» можно подробнее узнать о данном виде производства изделий.

Мировой рынок:

По экспертной оценке, на конец 2018 г. мировой рынок аддитивных технологий, состоящих из продуктов и услуг, составил \$8,803 млрд.

По данным опроса 1000 глобальных промышленных компаний, проведенного компанией Sculpteo в 2018 г., более 40 % уже применяют 3D-печать для изготовления продукции.



Рис. 3. Аддитивные технологии в цифрах [3]



По состоянию на 2018 г. объем рынка аддитивного производства в России, включающего в себя оборудование, материалы, услуги, различные НИОКР РФ прогрессирует устойчивыми, быстрыми темпами, демонстрируя ежегодный рост около 20 %, и на конец г. составил порядка 4,5 млрд рублей.



Оборудование – 2,6 млрд рублей
Материалы – 279 млн рублей



Периферийное оборудование – 280 млн рублей
НИОКР – 864 млн рублей
Услуги – 187 млн рублей



3D-ручки – 289 млн рублей

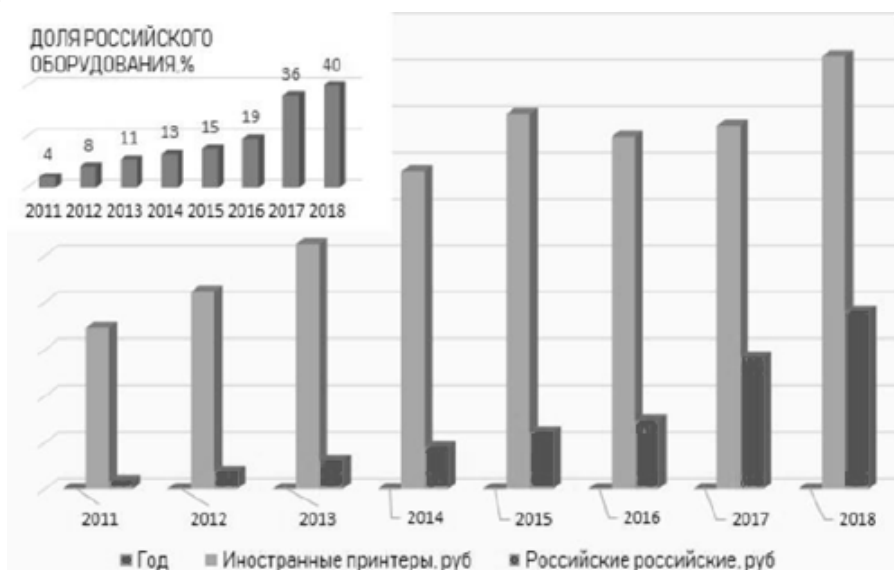


Рис. 4. Соотношение иностранного оборудования и российского [3]

Ниже приведены модели аддитивных установок, представленные в «Каталоге аддитивного оборудования, производимого на территории Российской Федерации за 2019 г.» министерства промышленной торговли России (дата обращения: 31.01.2021). Для сокращения объема информации будет приведена информация по самой старой и самой новой моделям модели аддитивного устройства (постараемся привести устройства с примерно одинаковой областью печати).

Коммерческое и промышленное оборудование малых размеров:

Hercules – компактный принтер с областью печати 200x200x210 мм с высокой производительностью для решения различных задач.

Разработанный хотэнд «UniHot» и конструкционное решение рабочей камеры обеспечивают высокую скорость печати изделий (до 50 куб. см/час) и работает со стандартными и гибкими материалами (ABS, PLA, POM, PVA, HIPS, PETG, FLEX, PP, RUBBER, CARBON и др.):

- позволяет печатать соплами диаметром от 0,2 до 1,2 мм;
- толщина слоя от 20 до 900 мкм;
- производство с 2014 г.;
- 100 % российская разработка;
- 50,4 % комплектующий РФ;
- гарантия 1 год;
- полный сервис от производителя.



Рис. 5. 3D-принтер Hercules

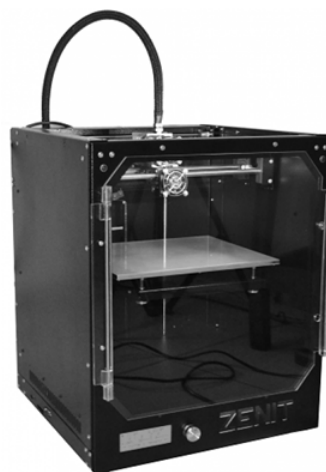


Рис. 6. 3D-принтер ZENIT 3D

Зона построения принтера ZENIT 3D: 300x300x400 мм.

Принтер имеет простые настройки, высокую точность печати (высота слоя от 15мк), подогреваемую платформу, индикацию нагрева цветом, нагревательный элемент стола – 24В (а не 220В, как у аналогов).

- Производство с 2020 года;
- 100 % российская разработка;
- 90 % комплектующих РФ;
- Гарантия 3 года;
- Полный сервис от производителя.

Промышленное оборудование:

МЛ7-1 – это станок для лазерной наплавки и прямого выращивания из металлического порошка.

Лазерная установка для аддитивного производства изделий из металлического порошка основана на технологии прямого лазерного осаждения (LMD).

Изготовление деталей сложной формы методом послойного селективного лазерного сплавления металлических порошков в соответствии с компьютерной 3D-CAD моделью:

- рабочий объем камеры построения: 500x400x300 мм3
- производство с 2016 г.;
- 100 % российская разработка;
- 70 % комплектующих РФ;
- гарантия 2 г.;
- полный сервис, поставка под ключ, обучение, пуско-наладка.

АТ-2000 – промышленная аддитивная установка, которая позволяет с большой скоростью получать большие (до 2 м) литейные формы высокой сложности и любой конфигурации. Зона построения (2000x2000x800) может быть адаптирована под потребности предприятия.

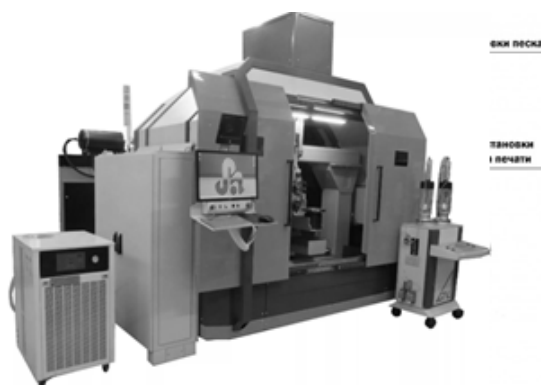


Рис. 8. Аддитивная установка АТ-2000



Рис. 7. Аддитивная установка МЛ7-1

По сравнению с традиционной технологией использование аппарата позволяет сократить время и стоимость процесса в несколько раз и открывает возможность производства деталей любой степени сложности. Стоимость в 3 раза ниже импортных аналогов.

Для производства форм используются отечественные расходные материалы: кварцевый литейный песок марки 1к10101, активирующее вещество ActivEX+, связующий состав BindEX+ производства ООО «Промхимтех»:

- 100 % российская разработка;
- 90 % комплектующих РФ;
- До 5 единиц в год;
- 1 год гарантия;
- полный сервис обслуживания.

Строительные 3D-принтеры:

Принтер S-0644 – порталный малоформатный принтер для цехового производства, позволяющий печатать бетоном малые формы размером до 12 куб. м, то есть различные элементы для зданий, беседок, всевозможные ландшафтные постройки, пруды и бассейны, клумбы, ограждения и заборы, детские городки. Также пригоден и для печати печей, каминов, мангалов и прочих огнеупорных изделий коалиновыми смесями:

- производство с 2015 года;
- 100 % российская разработка;
- 90 % комплектующих РФ;
- гарантия 1 год;
- пуско-наладка, обучение персонала, техническая поддержка онлайн.

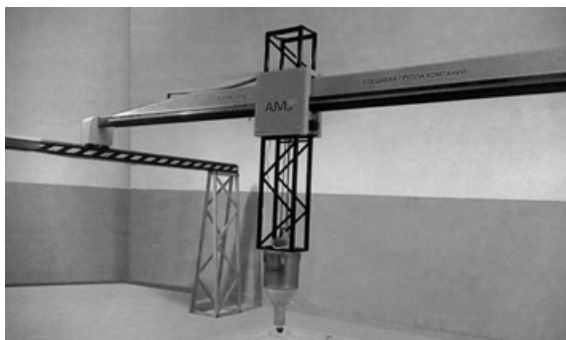


Рис. 9. Принтер S-6044



Рис. 10. Принтер S-500

Принтер S-500 – порталный принтер большого формата с повышенной производительностью для печати зданий высотой до 80 м и с поэтажной площадью до 340 кв. м. Является самым большим строительным принтером в мире:

- производство с 2018 г.;
- 100 % российская разработка;
- гарантия 1 год;
- техническая поддержка онлайн, пуско-наладка, обучение персонала.

Выводы

Таким образом, в данной статье был проанализирован рынок российского производства аддитивных установок. Хочется отметить, что произошел огромный скачок развития данной отрасли производства, которое в теории должно перейти на новый уровень – уровень «Индустрии 4.0», о которой написано в книге под редакцией Армина Рота. Также нужно отметить, что были увеличены доля производства аддитивных установок на мировом рынке, объем деталей для аддитивных установок, производимых в России, качество производимой продукции, функционал программного обеспечения для

проектирования 3D-деталей, максимальный объем рабочей поверхности и объем работы, который может быть реализован аддитивными устройствами за единицу времени. При помощи аддитивных устройств уже строятся здания, разрабатываются пилотные версии пластиковых и металлических деталей, которые отличаются сложной формой и структурой, но что будет дальше.

Библиографический список

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М., 2018. 208 с.
2. Ром А. Внедрение и развитие Индустрии 4.0. Основы, моделирование и примеры из практики. М.: Техносфера, 2017. 294 с.
3. Каталог аддитивного оборудования, производимого на территории Российской Федерации (2019 г.). URL: https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/katalog_additivny_technology.pdf (дата обращения: 31.01.2021).
4. ГОСТ Р 2.0.182-1.001.16. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2017. 22 с.
5. ГОСТ Р 2.0.182-1.001.16. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2017. 14 с.

УДК 67.03

К. С. Исаков

студент кафедры управления в технических системах

Л. В. Соболева – ассистент – научный руководитель**РЫНОК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ**

Для начала нужно понять, зачем нам знать разновидности материалов для 3D-печати и зачем нам вообще 3D-печать. Изготовление деталей посредством 3D-печати есть аддитивное производство – это процесс изготовления деталей, основанный на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем, в отличие от вычитающего (субтрактивного) производства и традиционного формообразующего производства. Сразу же следует отметить, что аддитивное производство – это создание изделия исключительно по цифровой 3D-модели. Следовательно, использование современных компьютерных, аппаратных и программных средств является обязательным. 3D-печать позволила человечеству в кратчайшие сроки изготавливать пилотные проекты, чтобы не допустить ошибки при массовом производстве, создавать детали разной формы и для разных целей. Это, наверное, и есть будущее, о котором писал Клаус Шваб в своей книге «4-я промышленная революция». Если подумать, то с переходом на эту новую ступень, человеческая жизнь упростится в разы [1].

Вернемся к 3D-печати. Помимо того, что человечество теперь умеет создавать детали и конструкции сложнейших форм, которые сам человек не смог бы изготовить руками, можно предавать этим деталям и конструкциям различные свойства, используя большое количество видов материалов и их смеси, а также используя разные материалы, послойно сращенные между собой. В нашей статье мы будем рассматривать именно 3D-печать, а не аддитивное производство. Поэтому ограничимся только пластмассой, ее разновидностями и смесями.

PLA – биоразлагаемый пластик на основе молочной кислоты. Сделан из сахарного тростника или кукурузы. Его также можно приготовить из других натуральных продуктов, таких как картофельный крахмал или целлюлоза [2].

Этот тип пластика нетоксичен, и на рынке можно найти широкий спектр цветов. Это один из самых популярных пластиков для 3D-печати. Хорошо подходит для домашней печати.

ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочный пластик, очень популярный в промышленности и 3D-печати. Изделия из ABS достаточно прочные, поэтому их часто используют для печати функциональных объектов [2].

Является одним из самых доступных по цене пластиков из-за невысокой стоимости сырья.

Плюсы:

прочность и эластичность позволяют использовать его для изготовления механических изделий, рассчитанных на длительный срок службы;

простота механической обработки в дополнение к химическому сглаживанию поверхности недорогими растворителями (например, ацетоном) может улучшить качество поверхности продукта.

Минусы:

низкая устойчивость к ультрафиолетовому излучению;

влияние сквозняков при печати, что исключает использование дешевых принтеров открытого типа;

относительно высокая усадка, склонность к расслоению, требуется обогреваемый стол, без него возникают проблемы со сцеплением первого слоя;

возможный запах во время печати [2].

HIPS (высокопрочный полистирол) – пластик, который был разработан для использования в сочетании с ABS для поддержки 3D-печати с двойным экструдером. Этому способствовали его следующие свойства: такая же температура экструзии, как у ABS; низкая способность к спеканию с ABS; наличие растворителя, который растворяет HIPS и не растворяет ABS [2].

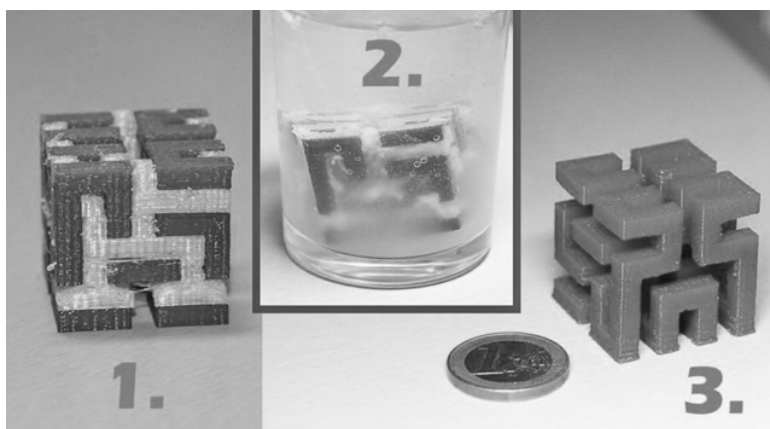


Рис. 1. Применение HIPPS [2]

Плюсы:

меньшая усадка, чем у ABS, обеспечивает более точную печать;
более низкая плотность, чем у PLA, что позволяет печатать легкие детали;
гладкость поверхности, простота обработки;
температура размягчения почти такая же, как у ABS.

Минусы:

как и ABS, он требует обогреваемого стола и склонен к расслоению, хоть и в меньшей степени;
низкая устойчивость к ультрафиолетовому излучению.

PETG (полиэтилентерефталат-гликоль) – сравнительно новый по сравнению с тем же ABS, но уже завоевавший заслуженное признание. Пластик довольно устойчив к ударам, а спекаемость слоев такова, что под нагрузкой продукт часто ломается поперек слоев, а не вдоль них [2].

Плюсы:

отсутствие запаха при печати;
отсутствие усадки обеспечивает высокую точность размеров изделий;
очень сильное спекание между слоями: можно печатать тонкостенные изделия с высокой прочностью;

устойчивость к ультрафиолетовому излучению;

широкий диапазон рабочих температур;

для печати не требуется закрытая камера;

хорошая устойчивость к скольжению и ударам;

нетоксичен, можно печатать изделия, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами.

Минусы:

высокая текучесть требует тщательной настройки принтера;

прочность и температура размягчения ниже, чем у ABS [2].

Flex (полиуретан) – мягкий и эластичный материал, используемый там, где необходима гибкость и эластичность готового продукта [2].

Плюсы:

гибкость;

устойчивость к маслу и бензину;

широкий температурный диапазон применения: может использоваться в технических изделиях в условиях высоких температур.

Минусы:

сложность печати: часто необходимо модифицировать экструдер для печати;

не всегда удастся распечатать четко заданную деталь, на модели могут появиться «сопли» [2].

Nylon (нейлон – синтетический материал из семейства полиамидов) – очень устойчивы к истиранию, поэтому основное применение – кинематические пары и узлы (шестерни, втулки и т. д.) [2].

Плюсы:

прочность;

упругость;
высокое скольжение;
термостойкость;
химическая стойкость.

Минусы:

высокая текучесть требует тщательной регулировки принтера;
прочность и температура размягчения ниже, чем у ABS [2].

PC (поликарбонат) – один из самых твердых материалов в этом списке. Устойчив к физическим и термическим нагрузкам. Выдерживает температуру до 110 °C, прозрачный [2].

Он используется для печати продуктов, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации, или продуктов, работающих при высоких температурах.

Conductive (электропроводный) – пластик, который можно использовать как токопроводящий элемент в электрических цепях [2].

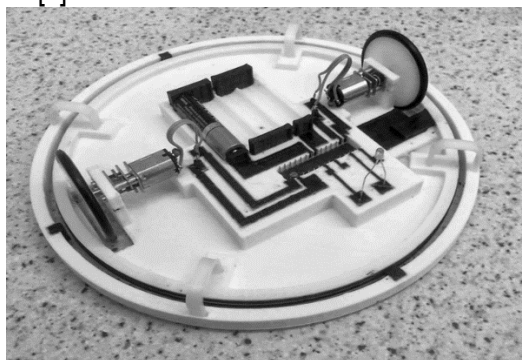


Рис. 2. Применение Conductive [2]

Он изготавливается на основе ABS или PLA, которые содержат электропроводящие частицы. Свойства электропроводящего пластика зависят от исходного материала. Сопротивление довольно высокое и составляет сотни Ом/см.

Параметры печати и характеристики зависят от материала основы и степени наполнения.

Плюсы:

Электропроводность;

при использовании двухэкструдерных принтеров возможность печатать проводники сразу в готовом изделии.

Минусы:

низкая электропроводность (для пропускания небольшого тока требуется печать проводников с большим сечением).

Carbon Fiber – инженерный пластик рассчитан на высокие нагрузки. Основа обычно – нейлон с добавлением углеродных волокон. Он также может быть изготовлен из PLA, ABS, PETG, PC [2].

Параметры печати и характеристики зависят от материала-основы и степени наполнения.

Углеродные волокна обеспечивают большую устойчивость этого вида пластика, но в то же время они очень абразивные.

Печать латунными соплами не рекомендуется. По отзывам пользователей, сопло 0,3 мм растачивается до 0,5 мм примерно за полчаса печати. Используется для печати изделий с высокими механическими нагрузками.

Плюсы:

очень прочный и упругий;
позволяет получать легкие и прочные изделия;
не требует высокого заполнения.

Минусы:

очень абразивный, требуются сопла из нержавеющей стали или с рубиновыми наконечниками;
сложность печати (зависит от основного материала);
стоимость (между бытовыми и высокотемпературными инженерными пластиками) [2].

РР (полипропилен) – широко распространен пластик, используемый при производстве упаковочных материалов, тарелок, шприцов, труб. Достоинства этого материала – нетоксичность, высокая химическая стойкость, устойчивость к влаге и износу.

Его можно использовать для печати продуктов, требующих химической стойкости или контакта с пищевыми продуктами. Не рекомендуется использовать в холодную погоду.

Плюсы:

химическая инертность позволяет использовать его для продуктов, непосредственно контактирующих с пищевыми продуктами или лекарствами.

высокая стойкость позволяет использовать его для изделий, выдерживающих структурные нагрузки.

Минусы:

сложность печати (требуется термокамера);

высокая усадка;

малая устойчивость к низким температурам [2].

РОМ (полиацеталь) – инженерный пластик, превосходящий нейлон по своим физико механическим свойствам [2].

Плюсы:

высокая прочность;

высокое скольжение, что позволяет использовать его в кинематических передачах;

морозостойкость.

Минусы:

очень высокая усадка;

низкая адгезия к поверхности стола принтера;

сложность печати [2].

РЕЕК (полиэфирэфиркетон) – современный полукристаллический материал обеспечивает уникальное сочетание механической, химической и термической стойкости.

Очень прочный и устойчивый к высоким температурам пластик. В домашней печати он практически не используется из-за высоких требований к температуре сопла принтера и стола. При печати требуется термокамера.

Он используется для печати функциональных прототипов продуктов, которые испытывают высокие физические и механические нагрузки и работают при повышенных температурах.

Плюсы:

высокая стойкость;

устойчивость к истиранию;

устойчивость к очень высоким температурам (для пластика);

химическая устойчивость.

Минусы:

высокая температура печати;

обязательно наличие термокамеры;

высокая цена [2].

Сегато, сегатис (керамический) – материал, имитирующий керамические изделия. Твердый и прочный, но хрупкий. Печатная продукция практически неотличима от настоящей керамики.

Плюсы:

текстура печатной продукции похожа на керамическую;

легко обрабатывается;

достаточно устойчив к нагреванию до кипячения воды и, как правило, безопасен (в зависимости от конкретной марки, прочтите инструкции производителя), то есть может контактировать с продуктами питания.

Минусы:

материал достаточно хрупкий, поэтому не рекомендуется к печати на принтерах с сильными изгибом подающего филамент-тракта.

Для наглядности и простоты сравнения параметры печати, параметры прочности, температурные характеристики и технические характеристики рассмотренных материалов представлены в табл. 1–4.

Таблица 1

Параметры печати [2], [3]

Параметры печати					
Пластик	t экструзии	t стола	Обдув	Межслойная адгезия	Адгезия со столом
PLA	190-230 °C	20-60 °C	желателен	хор	хор
ABS	210-245 °C	90-120 °C	не нужен	сред	сред
HIPS	210-245 °C	90-120 °C	не нужен	сред	средняя
PETG	215-245 °C	20-80 °C	20 %	очень высок	средняя
Flex	220-240 °C	90-110 °C	не нужен	хор	сред
Nylon	235-260 °C	100-120 °C	не нужен	высок	низк
PC	270-310 °C	90-110 °C	не нужен	высок	низк
PP	220-250 °C	100-120 °C	не нужен	сред	низк
POM	220-250 °C	110-130 °C	не нужен	сред	низк
PEEK	360-410 °C	120-180 °C	не нужен	хор	плох
Ceramo	230-250 °C	90-110 °C	не нужен	отличная	сред

Таблица 2

Прочность [2], [3]

Прочность						
Пластик	Твердость	Относит. удлинение при разрыве, %	Прочность (изгиб), МПа	Прочность (разрыв), МПа	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Модуль упругости при изгибе, ГПа
PLA	R70-R90	3,8	55,3	57,8	3,3	2,3
ABS	R105-R110	6	41	22	1,6	2,1
HIPS	L79	64	37,6	16,4	0,93	1,35
PETG	R106	50	76,1	36,5	2,6	1,12
Flex	D40	600	5,3	17,5	0,06	0,07
Nylon	R70-R90	300	70	66-83	2,7	2,6
PC	D82	4,8	89	57	1,95	1,8
PP	D67	200	40	30	1,7	1,5
POM	D82	40	95	60	2	2,6
PEEK	D85	45	165	100	2,3	4,1
Ceramo	R70-R90	нет	нет	нет	нет	3,5

Таблица 3

Температурные характеристики [2], [3]

Температурные характеристики				
Пластик	t плавления	t размягчения	t эксплуатации	t стеклования
PLA	175-180 °C	50 °C	-20+40 °C	60-65 °C
ABS	175-210 °C	100 °C	-40+80 °C	105 °C
HIPS	175-210 °C	97 °C	-40+70 °C	55 °C
PETG	222-225 °C	80 °C	-40+70 °C	80 °C
Flex	200-210 °C	110 °C	-100+100 °C	нет
Nylon	215-220 °C	120 °C	-30+120 °C	50-70 °C
PC	300 °C	127 °C	-40+120 °C	161 °C
PP	160-170 °C	95 °C	0+80 °C	10-20 °C
POM	175-180 °C	135 °C	-50+100 °C	нет
PEEK	343 °C	152 °C	-196+150 °C	нет
Ceramo	215-220 °C	110 °C	-30+102 °C	нет

Технические характеристики [2], [3]

Технические характеристики				
Пластик	Плотность, г/см ³	Точность при печати	Усадка	Влагопоглощение
PLA	1,23-1,25	± 0,1 %	нет	0,2-0,4 %
ABS	1,1	± 1 %	0,8 %	0,45 %
HIPS	1,05	± 0,5 %	0,4 %	1 %
PETG	1,3	± 0,1 %	нет	0,12 %
Flex	1,1	± 1 %	0,35-0,8 %	0,04 %
Nylon	1,13	± 3 %	1 %	3,1 %
PC	1,2	± 6 %	3 %	0,2 %
PP	0,92	± 5 %	2,4 %	0,03 %
POM	1,39	± 4 %	2 %	0,8 %
PEEK	1,3	± 3 %	1 %	0,4 %
Ceramo	1,11	нет	0,5-1,2 %	0,17 %

Помимо перечисленных пластиков, на рынке можно встретить:

- SBS (стиролбутадиен–стирол) – относительно новый вид пластика для 3D-печати. Он отличается низкой токсичностью, малой усадкой и высокой прочностью, прозрачный. Продукция, напечатанная этим пластиком и обработанная растворителем, приобретает прозрачность цветного стекла.
- PMMA (полиметилметакрилат или оргстекло) – прочный влагостойкий материал, устойчивый к солнечным лучам, прозрачный.
- Wood или Woodfill (древеснонаполненный) – PLA, в который добавлены мельчайшие качественные опилки. Изделия из этого пластика приобретают текстуру дерева.
- Metal (Металлонаполненный) – пластик, в который добавлены мельчайшие частицы бронзы, меди, латуни или алюминия, причем в качестве основного пластика можно использовать не только PLA, но и ABS. Обычно в пластик добавляют до 50 % металлического порошка.
- Glow-in-the-Dark (фосфоресцирующий пластик) – в пластик PLA, ABS или PETG добавлен пигмент, который может накапливать световую энергию и излучать ее в темноте. Свойства этой нити зависят от пластика основы.
- Magnetic (Магнитный) – основной компонент этого вида пластика – PLA или ABS, в качестве добавки используется только ферромагнетик. Благодаря этому пластик приобретает способность притягиваться к магнитам.
- ASA (Акрилонитрил-стирол-акрилат) – аналогичен ABS, но более устойчив к ультрафиолетовому излучению.
- Wax (MOLDLAY) (литьевой воск) – материал, из которого изготавливаются модели для литья. Модель заливается гипсом, после чего материал без труда обжигается (плавится) и получается форма для литья металла.
- PC/ABS (поликарбонат + акрилонитрилбутадиенстирол) – поликарбонат – очень прочный материал, на нем трудно печатать. Для облегчения печати его смешивают с ABS.
- Color-Changing (изменяющий цвет) – основой является PLA или ABS, способного менять цвет при изменении температуры.
- Cleaning (чистящий) – в отличие от остальных материалов в этой статье, чистящая нить используется не для печати объектов, а для очистки головок 3D-принтеров. Ее цель – удалить любой материал, который мог остаться после предыдущей печати [2].

Выводы

Таким образом, в данной статье был проанализирован рынок материалов для 3D-принтеров. Очень жаль, что количество информации, которое можно передать в этой статье ограничено, ведь на

рынке существует огромное количество видов материалов для 3D-печати и их смесей. Пару лет назад я уже анализировал данную тему, но сейчас я был очень удивлен, как сильно изменился рынок. Появились материалы, которые сочетают в себе свойства разных материалов, например, электропроводный пластик, пластик с магнитными свойствами или пластик, светящийся в темноте. Поэтому вынужден подчеркнуть, что за короткий промежуток времени произошел огромный скачок развития данной отрасли производства. Данные материалы позволяют реализовывать проекты с более детализированными параметрами, которые в теории смогут помочь человечеству перейти на новый уровень – уровень «Индустрии 4.0», о которой написано в книге под редакцией Армина Рота [4].

Библиографический список

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М., 2018. 208 с.
2. Подробный гид по выбору пластика для 3D-печати. URL: <https://top3dshop.ru/blog/podrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechatj.html> (дата обращения: 04.02.2021).
3. Каталог аддитивного оборудования, производимого на территории Российской Федерации (2019 г.). URL: https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/katalog_additivny_technology.pdf (дата обращения: 04.02.2021).
4. Рот А. Внедрение и развитие Индустрии 4.0. Основы, моделирование и примеры из практики. М.: Техносфера, 2017. 294 с.

УДК 004.93:338.46Т

А. А. Казаков

ученик 9 класса МБОУ «Лицей-интернат» г. Великий Новгород

Д. В. Миренский, О. Д. Пушкарев, Ф. Ф. Такалов – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители**«УМНЫЙ ДОМ» НА ПЛАТФОРМАХ RASPBERRYPI И ARDUINO, X10****Введение**

В истории человечества всегда ценились вещи, которые упрощали жизнедеятельность. Не исключением стал и наш век технологических возможностей, в котором можно реализовать любое желание, возникшее в мыслях и мечтаниях. Одним из таких желаний является «умный дом», в котором человек достигает максимального комфорта, прилагая минимум усилий. Представьте, вы приходите домой, а ваш дом полностью автоматизирован, домашняя рутина сделана без вашего вмешательства, освещение, отопление, вентиляция и температура регулируются исходя из внешних условий температуры в помещении и на улице. В таком доме вам не придется беспокоиться о безопасности, в нем усмотрены датчики на случай большинства непредвиденных ситуаций – от автоматического выключения неиспользуемых приборов до контроля утечки газа.

При помощи современных беспроводных систем настроить свой дом может каждый, даже при отсутствии должной технической подготовки. В данной статье мы рассмотрим два способа достижения этой цели, которые заключаются в использовании платформ RaspberryPi и Arduino, X10, а также их плюсы и минусы. Работа этих платформ происходит за счет отправки информации на сервер, к которому подключены все датчики [1].

Применение технологии X10

Первый стандарт, который мы рассмотрим, это ArduinoX10. ArduinoX10 использует метод частотного уплотнения в электрической сети дома.

Главные плюсы X10:

- дополнительные провода не нужны;
- легок в установке;
- распространенный стандарт;
- дистанционное управление;
- возможность быстрого и удобного перепрограммирования;
- невысокая цена.

Две главные детали в системе X10: контроллер и модуль. Первый реализует программу управления и отправляет сигналы модулям. Второй получает сигналы от X10-трансивера и управляет устройством, которое к нему подключено [2].

Существуют разные модули. Они встроены либо в прибор, либо в электрическую проводку.

Контроллеры делятся на три разновидности.

- *Настольный контроллер*. Подключается к розетке и модулям, посылает различные сигналы.
- *Трансивер*. Подключается к розетке, получает команды от устройства дистанционного управления и посылает сигналы модулям.
- *Универсальный пульт дистанционного управления*. Посылает и инфракрасные, и беспроводные команды.

У любого модуля есть два регулируемых параметра. Это коды группы и устройства.

Главные правила настройки системы X10:

- у всех модулей, которые управляются 1 контроллером, должен быть одинаковый код группы, у переключателя которого должны быть позиции А-Р;
- у контроллера код должен быть такой же, какой и у модуля;
- все модули должны быть с уникальными кодами устройства (1–16).

Так как для управления X10 можно использовать телефон или компьютер, нужен контроллер для объединения систем. Таким является TW523. Он используется для управления модулями на Arduino. TW523 ставится в розетку, внешние устройства подключаются к нему с помощью интерфейса,

у которого должен быть разъем RJ11. Действие этого модуля заключается в преобразовании команд в сигналы к модулям по проводке. Также он действует и в противоположную сторону.

Применение RaspberryPi и Arduino

RaspberryPi является одной из самых простых баз для создания системы «умного дома», удобного для использования в их целях. RaspberryPi 3 – это миникомпьютер, работающий на базе RaspberryPi, который благодаря датчикам может контролировать многие электроприборы. Он отличается не большими размерами и работает на ОС Raspbian, Pimatic основанных на ядре Linux и Windows 10.

RaspberryPi 3 – однокристальная система на базе 64-разрядного процессора BCM2837, имеющая четыре экономичные ядра CortexA53, функционирующими на тактовой частоте 1,2 ГГц. В компьютере присутствует 1 Гб оперативной памяти, беспроводными модулями Wi-Fi и Bluetooth. Его вес составляет всего 40 г.

Принцип его работы:

- всеми элементами дома управляет микроконтроллер, также он занимается всеми вычислениями;
- за сбор сведений отвечают датчики. После, они передают для обработки эти сведения микроконтроллеру;
- команды, получаемые от микроконтроллера, выполняют исполнительные устройства. Они также называются актуаторами;
- каналами для обмена данных служат интерфейсы;
- ОС позволяет управлять аппаратными элементами.

Чтобы создать из RaspberryPi «умный дом», нужны датчики, интерфейсы и актуаторы. Пример модулей, которые можно интегрировать в системы «умный дом»:

- *датчик движения*. Нужен для выполнения команд при движении в области его действия (например, для освещения);
- *датчик влажности*. Необходим для метеостанции. Часто их объединяют с температурным датчиком;
- *датчик температуры*. Нужен для измерения температуры;
- *камера*. Нужна для системы видеонаблюдения, также может снимать видео или делать фотографии при каких-либо условиях;
- *датчик дыма*. Может использоваться для обнаружения появления дыма и возгораний;
- *пожарная сигнализация*. Может состоять из датчиков дыма, утечки воды, камеры;
- *модуль Eposcan*. Позволит использовать непривычные источники питания (ветер, солнце).

Из-за переработки энергии ветра или солнца в электричество, эта энергия передается системе;

- *Homematic*. Система SmartHome используется для интеграции в Raspberry;
- различные голосовые помощники. Наибольшую популярность владеет голосовой помощник Siri от Apple.

Основными недостатком технологии X10 по отношению к своим конкурентам являются: отсутствие шифрования и увеличенная цена за использование устройств с двухсторонним протоколом передачи данных. На данные недостатки можно повлиять путем использования интерфейса PSC05/TW523 [3].

Прием команд X10 с помощью PSC05/TW523

С давних времен в Arduino IDE включены библиотека X10 и примеры. Хотя в документации сказано, что эта библиотека позволяет отправлять и получать команды X10 от модуля Arduino, на самом деле библиотека позволяет вам только отправлять команды [3].

Для приема были задействованы 2 выхода: (# 1) RJ11 pin 1 (BLK) ->ZeroCrossing (# 2) RJ11 pin 3 (GRN) ->Receive.

Биты в кадре передаются путем посылки пакета длительностью 1 мс с частотой 120 кГц в «нулевых переходах» сигнала переменного тока. (Эти всплески фактически начинаются примерно через 100 мксек после пересечения нуля.)

После стартового кода (SC), который составляет 4 бита (1110), за каждым из остальных битов следует бит четности [4]. (Таким образом, бит «1» отправит «1 0», а бит «0» отправит «0 1».)

Начальный код – 4 бита без четности. Код дома составляет 4 бита с проверкой на четность, то есть 8 бит. Код устройства и код команды составляют 5 бит с проверкой на четность, то есть 10 бит. Таким образом, «кадр» будет состоять из 22 битов, но вас будут интересовать только 13 из них.

Для приема были задействованы 2 выхода: (# 1) RJ11 pin 1 (BLK) ->ZeroCrossing (# 2) RJ11 pin 3 (GRN) ->Receive.

For receiving were concerned about 2 outputs: (#1) RJ11 pin 1 (BLK) -> Zero Crossing (#2) RJ11 pin 3 (GRN) -> Receive.

(Контакт 2 – это земля и должен быть подключен к земле Arduino. Контакт 4 – это передача, и это может использоваться X10.lib.)

Оба выхода с переходом через ноль и приемный выход являются «низкоактивными» и должны использовать внутренние подтягивающие резисторы. Пересечение нуля будет НИЗКОЕ для каждого пересечения нуля и должно быть подключено к выводу прерывания (2 или 3), и прерывания должны запускаться при ИЗМЕНЕНИИ. Выходной сигнал приема будет низким для каждого бита «1» и может быть подключен к любому выводу.

Данные для каждого кадра дважды отправляются по линии питания. PSC05/TW523 посылает только данные из второго набора. Однако он отправляет биты четности и сначала отправляет все биты MSB.

Итак, собрав все это вместе и используя фактические биты для кода дома и кода/команды устройства, A1-ON выглядит так:

1 1 1 0 01 10 10 01 01 10 10 01 01 | 1 1 1 0 01 10 10 01 01 01 10 01 10

SC=1110/House=0110 / Unit=01100 | SC=1110/House=0110 / Cmd=00101

Биты четности показаны рядом с фактическим битом, но на самом деле каждый бит (включая четность) будет отправлен при переходе через ноль – когда срабатывает ISR. Помните, что бит «1» – это НИЗКИЙ уровень на выводе приема.

Функция Check_Rcvr () не записывает биты четности, поэтому она считает пересечения нуля и после первых 4 бит стартового кода записывает только каждый нечетный бит. В остальном функция понятна. Последнее замечание: команду можно отличить от кода модуля, поскольку команды заканчиваются битом «1», а единицы – битом «0».

Заключение

Не для кого не удивительно, что благодаря технологиям наш мир меняется с невероятной скоростью и довольно скоро все будут иметь дом, где не нужно будет тратить время на рутинные дела, что увеличит качество жизни всех людей. Вполне вероятно, что основу рынка для производства оборудования в «умных домах» захватит именно технология X10 на платформах RaspberryPi и Arduino, варианты различных модулей которых приведены в статье. Пока что эта технология сочетает в себе качества простоты, удобства и достаточной надежности для реализации данной идеи.

Библиографический список

1. *Петин В. А.* Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. М.: БХВ-Петербург, 2019. 432 с.
2. *Ревич Ю. В.* Занимательная электроника. М.: БХВ-Петербург, 2018. 672 с.
3. *Карвинен Т., Карвинен К., Валтокарри В.* Делаем сенсоры: проекты сенсорных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi. М.: Вильямс, 2015. 445 с.
4. *Pereira F.* Arduino Essentials. М.: Packt Publishing, 2015. 206 p.

УДК 621.31

Н. О. Кареткин

студент кафедры электромеханики и робототехники

О. Б. Чернышева – старший преподаватель – научный руководитель

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИНТЕГРАЦИЕЙ РАЗЛИЧНЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Современный мир трудно представить без всего того, что сейчас в нем есть, особенно без электроэнергии – источника всех электронных и электрических устройств, которые имеются у каждого дома и на работе. Но мало кто представляет, как эта энергия доходит до потребителей, до каждого из нас.

Всем известно, что электроэнергия генерируется на электростанциях и передается по линиям электропередач (ЛЭП) (рис. 1). Существует несколько видов ЛЭП: воздушные, кабельные и газоизолированные. Чаще всего встречаются первые два вида.



Рис. 1. Промежуточная опора ЛЭП

При передаче электроэнергии всегда происходят потери в проводах, что приводит к уменьшению мощности на выходе, которую получает потребитель. Именно поэтому между потребителем и генератором расположены трансформаторы, которые повышают напряжение, тем самым минимизируют потери. Также при рассмотрении проблемы потерь электроэнергии важным фактором является экономический фактор, который включает в себя ресурсозатратность всего проекта:

- материал;
- локацию, в зависимости от которой решается, какая ЛЭП будет строиться;
- монтажные работы;

Тогда можно сделать вывод, что для улучшения эффективности с технической и экономической точек зрения нужно уменьшить потери при передаче либо увеличить передаваемую мощность, либо увеличить пропускную способность линии. Также стоит обеспечить устойчивую работу системы при любых возмущениях.

Оптимальное, а главное, возможное решение предоставляет технология гибких линий электропередач переменного тока (FACTS, или ГЭП). Но перед тем, как сравнить принципы регулирования, следует разобрать методы регулирования технологией FACTS.

Цель статьи – оценить эффективность технологии FACTS при рассмотрении разных компенсирующих методов.

Принцип работы гибких линий электропередач основан на использовании силовой электроники, которая в свою очередь обеспечивает компенсацию реактивной мощности с помощью компенсирующих устройств. На данный момент самыми используемыми компенсаторами являются устройства продольной емкостной компенсации (УПК), статические тиристорные компенсаторы (СТК) и компенсаторы на запираемых тиристорах (СТАТКОМ) [1].

В этой статье будут рассмотрены безреакторное устройство продольной компенсации (БУПК) и статический тиристорный компенсатор (СТК).

Среди FACTSнаиболее известными являются тиристорные устройства продольной компенсации (ТУПК), в которых ток в реакторе регулируется с помощью встречно-параллельных включенных тиристоров, и безреакторное устройство продольной компенсации (БУПК), в котором отсутствует реактор в цепи тиристорной группы (ТГ).

Ниже рассмотрен принцип работы БУПК (рис. 2) как пример устройства продольной компенсации.

Устройство представляет собой конденсаторную батарею (КБ¹) и зашунтированную вентиляную группу (ВГ), то есть группу с малым активным сопротивлением, которая состоит из встречно-параллельных управляемых полупроводниковых приборов (тиристоров). Соответственно, ток i будет поочередно протекать по тиристорам Т1 и Т2 и конденсатору С.

Степень компенсации линии определяется основной гармоникой напряжения КБ. Поскольку с помощью угла запираания вентиля можно изменять напряжение КБ, U_c , степень компенсации реактивной мощности может регулироваться от нуля до максимального значения [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что безреакторные, а также тиристорные устройства продольной компенсации не только пригодны для компенсации реактивной мощности, но и имеют возможность ее регулирования.

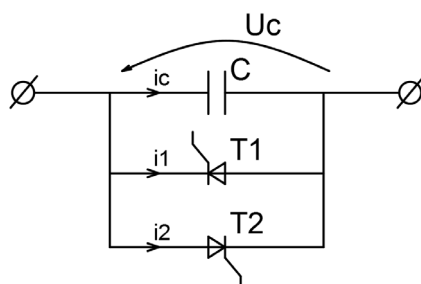


Рис. 2. Принципиальная схема БУПК на управляемых СПП (тиристорах)

Вторым устройством компенсации реактивной мощности является *устройство поперечной компенсации*.

Устройства поперечной компенсации, в котором размещаются конденсаторные батареи для достижения наименьших потерь электроэнергии в сетях, используется в основном для повышения коэффициента мощности. Наиболее известными среди являются синхронные компенсаторы (СК) и статические тиристорные компенсаторы (СТК).

Далее будут рассмотрен СТК на основе конденсаторной батареи (КБ) (рис. 3) [3].

Ниже приведены его принципиальная схема, а также график тока и напряжения с течением времени.

При использовании обычных выключателей во время коммутации возникают перенапряжения и броски тока, которые не допускаются в быстродействующем регулировании реактивной мощности. Именно поэтому их следует заменить на тиристорные ключи, образующие тиристорные группы (ТГ²).

Тогда для рассматриваемого случая, чтобы броски токов отсутствовали, требуется открывать тиристор, когда мгновенные значения напряжения сети и напряжения КБ будут близки, для отсутствия

¹ Конденсаторная батарея – это батарея, которая собирается из отдельных конденсаторов и выпускаются с различными номиналами напряжения и емкостями.

² Тиристорная группа состоит из двух встречно-параллельных тиристоров, применимых для регулирования как конденсаторов, так и реакторов.

перенапряжений тиристор требуется закрывать при переходе значения тока через нулевое значение (ось абсцисс).

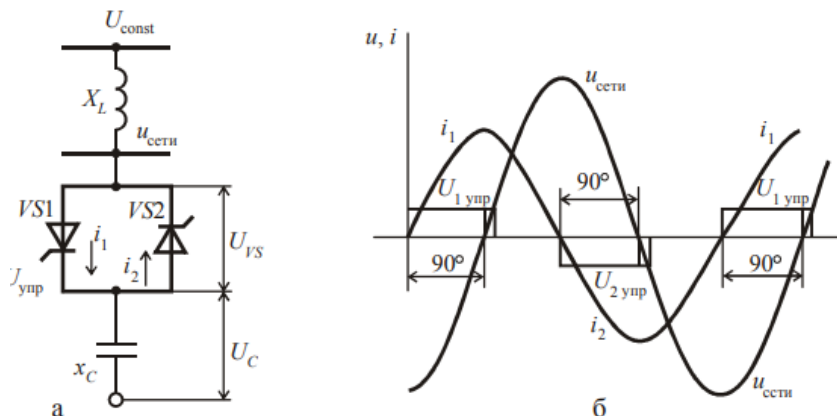


Рис. 3: а – принципиальная схема однофазного статического тиристорного компенсатора;
б – напряжение и ток КБ в установившемся режиме ($t \rightarrow \infty$)

Также, поскольку устройство состоит из нескольких секций, для обеспечения его стабильности конденсаторные батареи оснащаются плавкими предохранителями и регулятором, задающим значения напряжения в установившемся режиме, напряжения управления и зоны нечувствительности, при изменении напряжения которой подключение другой секции невозможно (рис. 4) [3].

Описанный выше принцип работы позволяет сделать вывод, что устройство может применяться для компенсации реактивной мощности как в обычных сетях, так и в сетях с резко переменной нагрузкой.

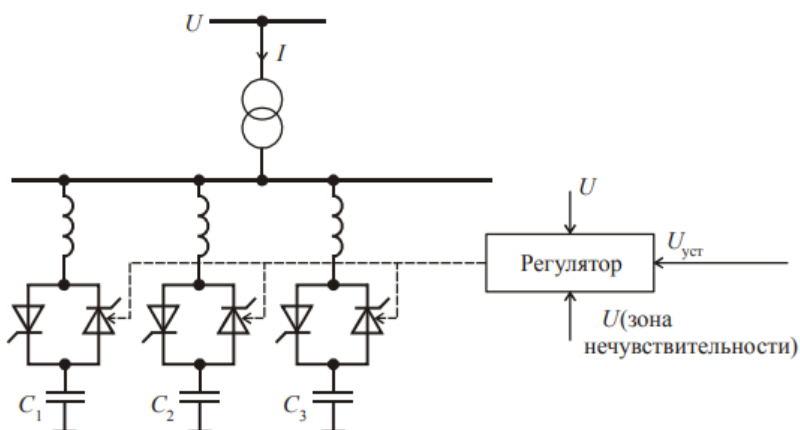


Рис. 4. Принципиальная схема трехсекционной СТК, выполненного на КБ

Для оценки эффективности компенсирующего устройства (КУ) при рассмотрении технологии передачи электроэнергии FACTS требуется ввести совместный поперечно-продольный способ компенсации, а также рассмотреть математическую модель электроэнергетической системы.

Для симуляции трех режимов работы системы: номинального, аварийного и установившегося (т. е. поставарийного). Допустим, одна из ЛЭП отключилась, что привело к аварии. Для стабилизации работы требуемого уровня напряжения были использованы различные способы компенсации реактивной мощности.

В табл. 1 приведены потери активной мощности для трех вышеописанных режимов работы [4].

На рис. 5 приведены результаты испытаний и значения потерь и передаваемой в саму систему активной мощности [4].

Смотря на график, можно сделать вывод, что использование продольного метода компенсации неэффективно в сравнении с двумя другими, так как соотношение потерь к передаваемой активной мощности не оправдывается затратами на КУ.

Таблица 1

Значения потерь активной мощности при различных режимах

Виды режима	ΔP , МВт
Исходный режим	2,713
Аварийный режим	7,192
Новый установившийся режим	9,204
Режим с устройствами поперечной компенсации ГЭП	0,180
Режим с устройствами продольной компенсации ГЭП	5,329
Режим с устройствами поперечной и продольной компенсации ГЭП	0,011

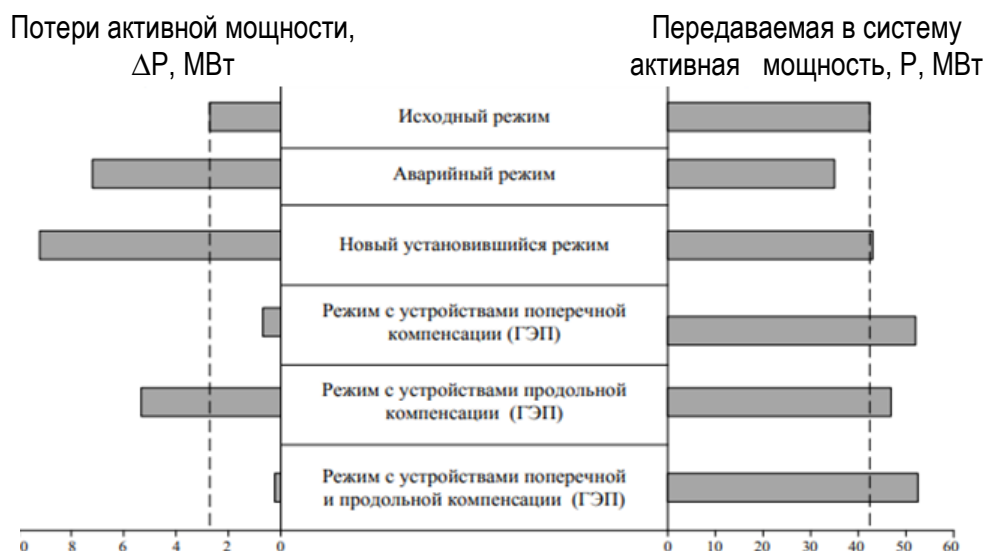


Рис. 5. Потери активной мощности и передаваемая в систему активная мощность при различных режимах работы

После анализа различных компенсирующих способов можно сделать вывод, что при использовании технологии гибкой передачи электроэнергии переменного тока (ГЭП) эффективнее всего использовать совместный метод компенсации реактивной мощности, который содержит в себе поперечный и продольный методы, с помощью которых систему можно ограничить или нейтрализовать в ней сбой и возмущения, такие как перенапряжение, броски тока, пульсации и гармоники сети.

Также, помимо компенсации, ГЭП увеличивает пропускную способность и надежность всей системы в целом. Очевидно, что интеграция силовой электроники в сеть имеет меньшую ресурсозатратность и сроки выполнения проекта в сравнении со строительством новой линии электропередач, что и делает ГЭП. Однако следует учесть, что с экономической точки зрения такой метод считается затратным за счет использования нескольких устройств на одном из промежутков между ЛЭП. Вопрос как экономического, так и энерго-технологического факторов все еще развивается по мере изучения и реализации новых методов компенсаций и увеличения пропускной способности линий.

Библиографический список

1. Александров Г. Н. Технология гибких линий электропередачи и электропередач, настроенных на передаваемую мощность // Электричество. 2006. № 6. С. 42–49.
2. Ивакин В. Н., Магницкий А. А. Устройства продольной компенсации на полностью управляемых силовых полупроводниковых приборах // Электротехника. 2008. № 10. С. 47–56.
3. Кабышев А. В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учеб. пособие / Томский политехнический университет. 2012. 234 с.
4. Интеллектуальные энергосистемы: Т. 2. Материалы IV Междунар. форума «Интеллектуальные энергосистемы». 2016. 377 с.

УДК 004.5

Е. И. Карпов, Д. А. Павлюков

студенты кафедры электромеханики и робототехники

А. В. Рысин – ассистент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИИ

Автоматизация производства является одним из важных этапов его развития. Она позволяет увеличить объемы производства и уменьшить использование человеческих и других ресурсов. При выпуске продукции учитывается большое количество различных факторов, влияющих не только на производительность, но и на качество самой продукции. Одним из таких факторов является поддержание необходимой температуры в производственных помещениях, обеспечение подачи и циркуляция воздуха.

Оборудование, установленное на предприятии, было выпущено в 1998 г. и устарело во всех аспектах. Так как данное предприятие развивается и расширяет свои производственные цеха, одним из предложенных решений было автоматизировать и объединить всю автоматику жизнеобеспечения в один узел и организовать удаленное наблюдение. Однако со старым оборудованием данную идею сложно воплотить, поэтому было принято решение об использовании новых контроллеров для управления жизнеобеспечением.

Но на предприятиях есть еще много факторов, влияющих на производительность. Им обычно не уделяют должного внимания, но они безусловно важны. Одним из них является поддержание нужной температуры в помещениях и обеспечения воздухом производственных помещений.

На предприятие существовало уже оборудование, но установлено оно было в 1998 г. и устарело во всех планах. Поскольку предприятие развивается и расширяет свои производственные цеха, была идея объединить всю автоматику жизнеобеспечения в один узел и наблюдать за всем удаленно. Но со старым оборудованием это сделать сложно, поэтому было предложено решение об использовании новых контроллеров управления жизнеобеспечения предприятия.

Вариант 1: установка с контроллером Pixel

Устройство ПЛК Pixel обеспечивает возможность гибко конфигурировать его под задачи клиента – существующие модификации позволяют выбрать нужное сочетание аналоговых и цифровых входов/выходов. При необходимости их количество легко наращивается модулями расширения Segnetics MR [1]. Встроенный дисплей выводит текстовую и графическую информацию. Внешний вид Pixel показан на рис. 1.

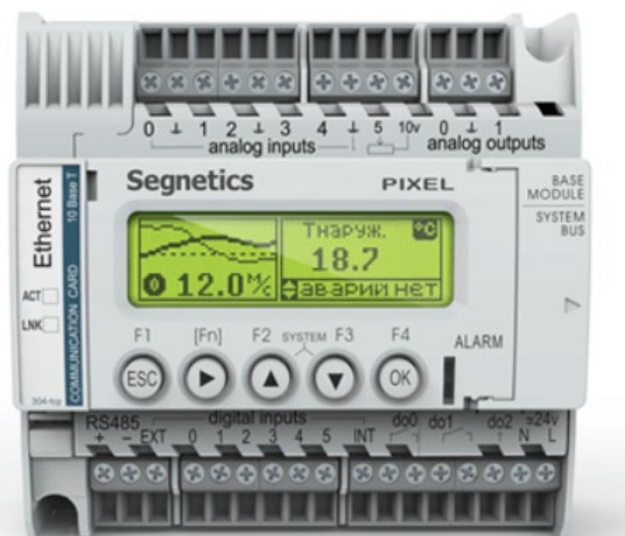


Рис. 1. Контроллер PIXEL

Модуль расширения для PIXEL (FMR 1020-10-0)

Универсальные модули ввода/вывода FMR предназначены для наращивания каналов в системах автоматизированного управления и сбора данных. Они способны работать с контроллерами любого производителя посредством протокола Modbus-RTU с подключением к порту RS-485. Доступно 11 модификаций модулей, позволяющих подобрать сочетание дискретных и аналоговых I/O, оптимально подходящее под поставленную задачу. Каскадное подключение модулей FMR друг к другу многократно увеличивает общую емкость системы ввода/вывода. Всего в сеть можно собрать до 341 модуля FMR, обеспечив до 10 912 каналов. Внешний вид модуля расширения представлен на рис. 2.

Модуль расширения для PIXEL (FMR3022-10-0)

Универсальные модули ввода/вывода FMR предназначены для наращивания каналов в системах автоматизированного управления и сбора данных. Они способны работать с контроллерами любого производителя посредством протокола Modbus-RTU с подключением к порту RS-485. Доступно 11 модификаций модулей, позволяющих подобрать сочетание дискретных и аналоговых I/O, оптимально подходящие под поставленную задачу. Каскадное подключение модулей FMR друг к другу многократно увеличивает общую емкость системы ввода/вывода. Всего в сеть можно собрать до 341 модуля FMR, обеспечив до 10 912 каналов. Внешний вид модуля расширения представлен на рис. 3.

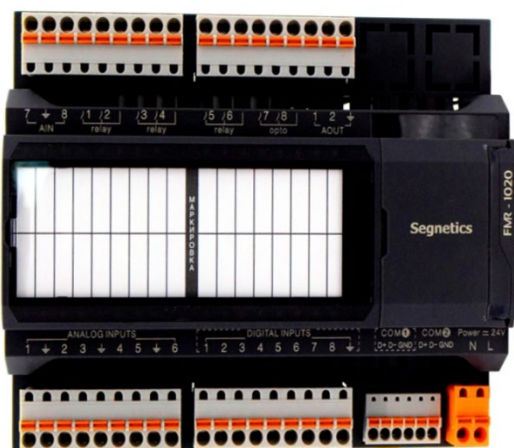


Рис. 2. Модуль FMR 1020-10-0

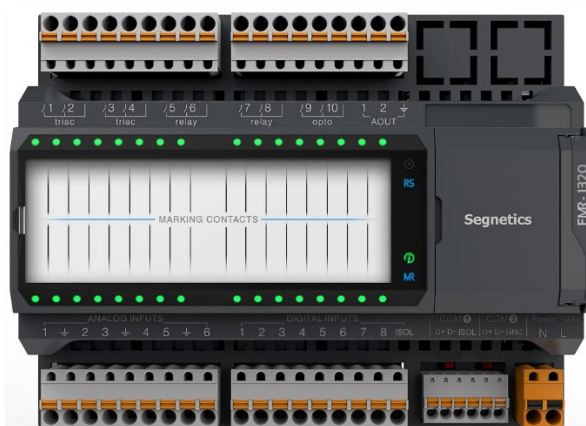


Рис. 3. Модуль FMR3022-10-0

Вариант 2: установка с контроллером SMH2G

Панельный контроллер SMH 2G сочетает в себе возможности свободно программируемого контроллера и панели оператора. Имеет встроенные интерфейсы RS-232 и RS-485, а также возможность подключения дополнительного модуля Ethernet или LON. Модульная конструкция позволяет расширять количество входов и выходов контроллера [2]. Внешний вид SMH 2G показан на рис. 4.



Рис. 4. Контроллер SMH 2G

Модули расширения MR предназначены для создания централизованной системы управления технологическим процессом, основой которой являются контроллеры программируемые логические Pixel, SMH2G и SMH2G(i). За счет модульности можно собрать конфигурацию системы максимально приближенную к решаемой задаче.

В «SMLogix» работа с входами/выходами модулей расширения MR полностью «прозрачна» и не отличается от работы с встроенными входами/выходами головного контроллера. Поэтому не требуется никакого дополнительного времени для овладения навыками работы с модулями. Внешний вид модуля представлен на рис. 5.



Рис. 5. Модули расширения MR



Рис. 6. Модули расширения MC

Модуль «MC» (в дальнейшем «MC») – это аппаратный модуль, предназначенный для расширения возможностей ввода/вывода контроллеров семейства SMH2G, SMH2G(i) (далее – «контроллер»).

В «SMLogix» работа с входами/выходами модулей расширения полностью «прозрачна» и не отличается от работы с встроенными входами/выходами головного контроллера. Поэтому не требуется никакого дополнительного времени для овладения навыками работы с модулями.

Отличительной особенностью модуля «MC» является наличие универсальных аналоговых входов повышенной точности.

Модуль предназначен для применения в производственной среде. Внешний вид модуля представлен на рис. 6.

Заключение

Оба варианта контроллеров выпускаются одной компанией и смогут решить обширный спектр задач. В данном случае модернизация будет проходить без серьезных последствий для предприятия. Контроллеры можно менять во время выходных и по одному, чтобы не останавливать предприятие. Для объединения всех контроллеров в одну сеть есть два варианта:

1) по интернет-соединению. По всему заводу стоят локальные серверы. В них можно поставить соединение между контроллерами и соединить со всей локальной сетью предприятия, что дает возможность управлять всеми процессами с любого рабочего места или уголка мира;

2) по витой паре. Этот вариант более экономичен в том плане, что уже установлены провода на уже стоящем контроллере и не надо заново проводить сеть. А для подключения к Интернету нужно будет провести сеть с одного контроллера и правильно настроить передачу данных.

Также оба варианта контроллеров позволяют подключать дополнительные модули для расширения возможного подключения и управления [3].

На предприятие стоят помимо контроллеров AL32AN более современные контроллеры. Они позволяют подключаться к ним по Интернету и объединиться в одну локальную сеть без особых проблем.

Библиографический список

1. Контроллер segnetics pixel 2511-02-0. URL: <https://segnetics-russia.ru/product/kontroller-segnetics-pixel-2511-02-0/> (дата обращения: 10.12.2020).
2. SMH2G. Эволюция идеи панельного контроллера. URL: https://www.segnetics.com/ru/smh_2g/ (дата обращения: 11.12.2020).
3. Контроллер Пиксель (Pixel): инструкция для вентиляции. URL: <https://zetsila.ru/контроллер-пиксель-инструкция/> (дата обращения: 10.12.2020).

УДК 621.311.25

П. А. Клишковский

магистрант кафедры электромеханики и робототехники

А. А. Мартынов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МИРОВОГО ОКЕАНА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Интенсивные исследования волновой энергии начались в 1970-х гг., когда нефтяной кризис способствовал росту интереса к возобновляемым источникам энергии. В это время было предложено и разработано большое разнообразие волновых энергетических устройств, но успех в целом оказался намного ниже ожиданий. Во многих случаях разрушительные силы океанских волн были в значительной степени недооценены, и преждевременные устройства преобразования энергии не всегда показывали удовлетворительные результаты. Как следствие, когда энергетический кризис подошел к концу, интерес к волновой энергии снизился и в начале 1980-х гг. многие испытания были прекращены.

Исследования, которые продолжались, привели к установке прототипов устройств береговой линии с середины 1980-х гг. Эволюция технологий оставалась медленной вплоть до начала нового столетия, последовавшего за новым стремлением к возобновляемым источникам энергии. Исследования и технологические разработки в области волновой энергетики (RTD) пережили значительное оживление с 2000 г. в результате общеевропейского стремления к существенному увеличению производства возобновляемых источников энергии. Успех сектора ветроэнергетики, безусловно, способствовал появлению новых возможностей для преобразования энергии океанских волн. Потенциальные энергетические ресурсы Мирового океана приведены на рис. 1.

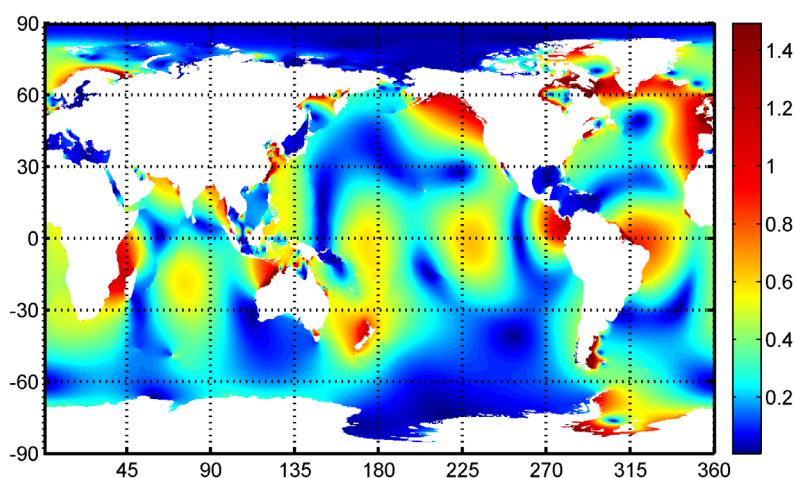


Рис. 1. Потенциальные ресурсы волновой энергии

Были разработаны различные технологии для береговых, прибрежных и морских применений, причем последние находятся в центре внимания многих новых испытываемых устройств из-за более высоких уровней энергии в более глубоких водах на шельфе.

По характеристикам мест их развертывания волновые энергетические технологии часто делятся на береговые, прибрежные и морские устройства. Физические условия (например, глубина воды, уровень мощности, направленность и гидродинамика) необходимые для преобразования энергии волн, различны в зависимости от глубины воды и расстояния от берега. Волны перемещаются в глубокой воде почти без потерь энергии через океан, вот почему плавучие технологии, пришвартованные на большой глубине, как ожидается, будут иметь наибольший потенциал для крупномасштабного внедрения. Типичные глубины воды для морских технологий находятся в пределах 50 м. В более мелкой воде волны все больше страдают от трения дна, что делает такие участки менее интересными

с энергетической точки зрения. Однако по мере того, как они находятся ближе к берегу («вблизи берега»), затраты на швартовку и подключение к сетям снижаются, и в некоторых случаях днищевые устройства могут быть жизнеспособными. Наконец, береговые устройства, которые обычно интегрируются в береговую линию или в искусственную структуру береговой обороны, имеют более низкие уровни мощности инцидента, но облегченный доступ и различные конструктивные решения. На рис. 2 представлены основные типы этих устройств.

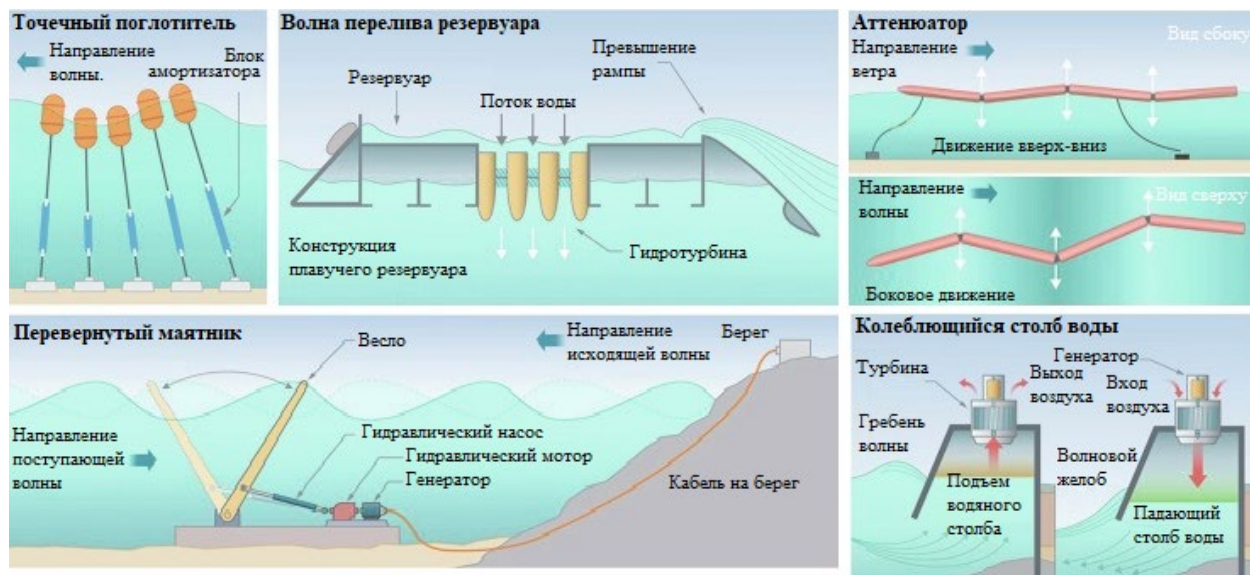


Рис. 2. Основные типы преобразователей волновой энергии

Оценки, полученные в ходе ряда европейских исследований на 2020 г. для текущих волновых технологий, находятся в диапазоне от 0,17 евро/кВтч до 0,23 евро/кВтч, хотя текущие демонстрационные проекты предполагают, что выровненная стоимость энергии (LCOE) будет находиться в диапазоне 0,25–0,47 евро/кВтч [1]. Для технологии приливного течения скорость потока должна быть не менее 1,5–2 м/с.

В настоящее время в мировой промышленности, состоящей из 34 действующих фирм, разработано 13 полномасштабных прототипов турбин [2]. Приведены данные о регионах с максимальной средней кинетической плотностью мощности, превышающей 500 Вт/м² (что соответствует скорости течения ~1 м/с), площадью поверхности более 0,5 км² и глубиной более 5 м.

С 2008 по 2014 гг. финансовый год программа Water Power объявила о присуждении премий на общую сумму около 120 млн долларов за 88 проектов, ориентированных на MNC energy [3].

Основные преимущества энергии морских волн:

- 1) это неиссякаемый источник энергии. Этот источник энергии является результатом гравитационных полей Солнца и Луны в сочетании с вращением Земли вокруг своей оси, что приводит к приливам и отливам;
- 2) энергия, полученная с помощью волновых устройств, является экологически чистой и не производит парниковых газов;
- 3) поскольку 71 % поверхности Земли покрыто водой, существует возможность генерировать эту энергию на больших территориях;
- 4) мы можем прогнозировать приливы и отливы;
- 5) эффективность энергии океана намного выше по сравнению с угольной, солнечной или ветровой энергией. Его эффективность составляет около 80 %;
- 6) затраты на техническое обслуживание волновых устройств относительно низки;
- 7) волновая энергия не требует никакого топлива для работы;
- 8) срок службы волновых устройств очень высокий;
- 9) плотность энергии волн относительно выше, чем у других возобновляемых источников энергии;

10) эффективна при низких скоростях: вода имеет в 1000 раз большую плотность, чем воздух, что позволяет вырабатывать электроэнергию при низких скоростях движения водных масс. Расчеты показывают, что мощность может генерироваться даже при скорости 1 м/с;

11) долгая продолжительность жизни: у нас нет оснований полагать, что приливные электростанции, турбины и волновые устройства недолговечны. Это в конечном счете снижает стоимость, которую эти устройства могут продавать свою электроэнергию, делая энергию Мирового океана более конкурентоспособной с точки зрения затрат.

Недостатки волновой энергии:

1) стоимость строительства приливных электростанций высока;
2) есть очень мало идеальных мест для установки стационарной станции;
3) интенсивность морских волн непредсказуема и может привести к повреждению оборудования;

4) воздействие на окружающую среду – влияние волновых устройств на окружающую среду еще полностью не определено;

5) замерзшее море, низкие или слабые течения и приливы, прямые береговые линии, низкий приливный подъем или падение – вот некоторые из препятствий;

6) современные технологии все еще не являются экономически эффективны, и требуются дополнительные технологические достижения, чтобы сделать их коммерчески жизнеспособным;

7) обычно места, где вырабатывается энергия от морских волн, находятся далеко от тех мест, где она потребляется. Эта передача является дорогостоящей и сложной;

8) высокая цена: важно понимать, что методы производства электроэнергии из энергии Мирового океана являются относительно новыми технологиями. Прогнозируется, что начиная с 2020 г. приливная энергия станет коммерчески доступнее благодаря более совершенным технологиям и более крупным масштабам.

Библиографический список

1. *Kempener R., Neumann F.* Tidal Energy Technology Brief. 2014. 36 p.
2. *Dragoon K., Eckstein J., Patton L.* Wave Energy Industry Update A Northwest US Perspective. Flink Energy Consulting, Oregon Wave Energy Trust, August, 2015. 64 p.
3. Assessment of Energy Production Potential from Tidal Streams in the United States. URL: <https://www.osti.gov/biblio/1219367> (дата обращения: 20.11.2020).

УДК 62-115+004.896

И. В. Колесников

ученик ГБОУ школы № 401

М. С. Виноградов, Р. А. Мишин – магистранты кафедры электромеханики и робототехники – научные руководители**АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ**

Главной задачей для человечества остается увеличение производства продовольствия и снижение затрат на этот процесс [1]. В такой ситуации следует использовать интенсивный способ развития агропромышленный комплекс (АПК), а именно внедрять новые технологии и повсеместно их использовать. Это позволит достичь поставленной цели в гораздо более короткие сроки. Под новыми технологиями стоит понимать механизацию и автоматизацию труда. В статье будут представлены проблемы и преимущества такого способа развития.

Робототехнические системы позволяют исключить потерю рабочего времени, связанную с опозданиями, болезнями, отпусками. Увеличение рабочего времени ведет к перепроизводству продукции и уменьшению брака из-за отсутствия человеческого фактора. Сама робототехника, в том числе и агропромышленная, была создана, чтобы закрыть нехватку рабочей силы, но при модернизации технологий роботы начали постепенно заменять человека на производстве. Для предпринимателя гораздо выгоднее робототехника, нежели работники, так как общие затраты производства на выплаты заработных плат работников значительно уменьшаются из-за сокращения штата работников. Остаются только работники, обслуживающие роботов (не считая трат за электроэнергию). Также модернизация роботов будет давать поддержку производствам, что на долгосрочной основе положительно повлияет на экономику страны. Следует отметить, что модернизация промышленных роботов и повсеместное их использование увеличит количество продукции, которое можно экспортировать в другие страны и распределять средства на все сферы развития страны. Сейчас, чтобы конкурировать в мировой экономике, следует ускорять процессы механизации и автоматизации, это направление поможет отечественному АПК конкурировать на мировом рынке и участвовать в гонке за экономическим господством. Пока наша страна в этом плане очень сильно отстает. Для более точного сравнения количества роботов в России и других странах приведен рис. 1.

Россия нуждается в промышленных роботах

350 000 промышленных роботов необходимо России для достижения уровня индустриально развитых стран

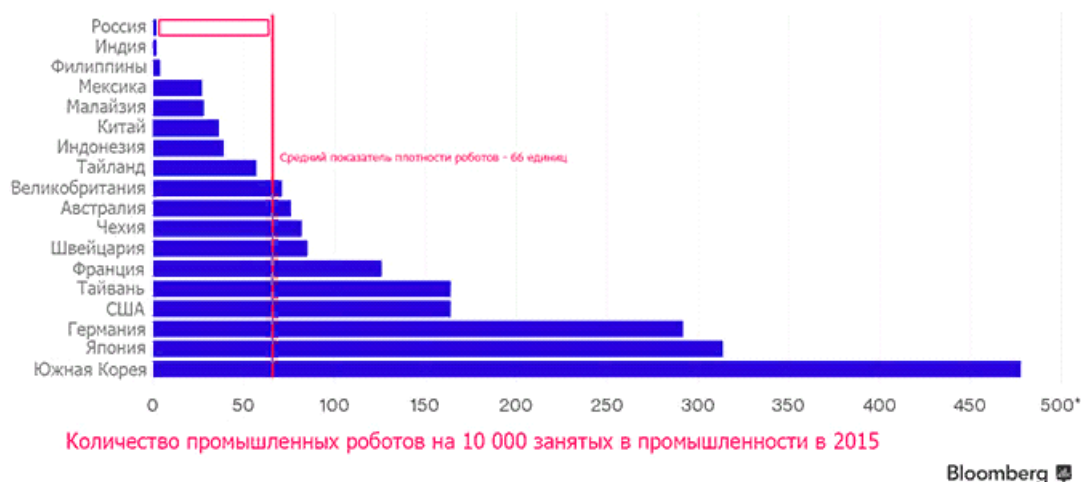


Рис. 1. Статистика интеграции робототехнических комплексов в различных странах

Чтобы это отставание предотвратить, государство поддерживает сельское хозяйство. Так, государство приняло новую программу поддержки АПК, где финансирование увеличилось почти в 4 раза

с 2,2 до 8,2 трлн рублей [2]. Это делается для привлечения инвесторов в АПК России, а привлечь их можно только сделав эту сферу прибыльной. Таким образом, можно выделить следующие направления инвестиционной политики: 1) усиление деловой активности с целью создания и поддержания благоприятного инвестиционного климата; 2) поддержка инвестиционной деятельности на основе участия государственных программ инвестиций в основные средства сельхозпредприятий; 3) развитие человеческого капитала; 4) предоставление налоговых льгот; 5) обеспечение условий экономической и инвестиционной безопасности.

КПД человека в разы ниже, чем КПД робота, в совокупности с переработкой и меньшими убытками робот может заменить человека на производстве. Замена человека позволит сделать процесс непрерывным, повысить качество продукта. В некоторых странах уже применяются робототехнические комплексы по заданным программам, такие как уборочная техника, автоматические регуляторы температур в парниках, посевная техника, и многое другое. Для более точного понятия о степени механизации и автоматизации по сравнению с другими странами приведен рис. 2.



Рис. 2. Соотношение количества промышленных роботов на 10 тысяч рабочих

Производства, использующие роботов, гораздо конкурентоспособнее, чем производства, где работают люди. Также в случае аварий на производстве человеческих жертв будет в разы меньше, поскольку основные рабочие – роботы.

Различные датчики в почве позволяют учитывать информацию о состоянии почвы (тип почвы, температура, наличие или отсутствие полезных веществ в почве). И учитывая состояние почвы, робот выполняет определенные перечень действий для более благоприятного роста и развития посевных культур и увеличения урожая. Также робот может заниматься отладкой и ремонтом техники. Так, при внедрении робота снижаются затраты на ремонт техники. На предприятиях, занимающихся сельским хозяйством, давно есть мастера, ремонтирующие, собирающие и настраивающие сложную технику. При должном опыте эти рабочие могут переквалифицироваться в инженеров, в слесарей-наладчиков робототехнического оборудования, но штат работников будет сокращен. На этих хозяйствах роботы упростят работу, а может, и полностью заменят людей, занимаясь покраской, погрузкой и разгрузкой конвейеров на сборочных работах.

Используемые робототехнические комплексы в агропромышленном комплексе можно классифицировать по методу применения следующим образом [3]:

- 1) учет урожая;

- 2) транспортировочные системы;
- 3) кормление и учет скота;
- 4) обработка возделываемых площадей.

Промышленных роботов можно классифицировать по:

- 1) характеру выполняемых технологических операций на основных, вспомогательных и универсальных;
- 2) системе координат руки манипулятора на прямоугольную (рис. 3а), цилиндрическую (рис. 3б), сферическую (рис. 3в), сферическую угловую или ангулярную (рис. 3г), комбинированную и другие более сложные системы;
- 3) числу подвижностей манипулятора.

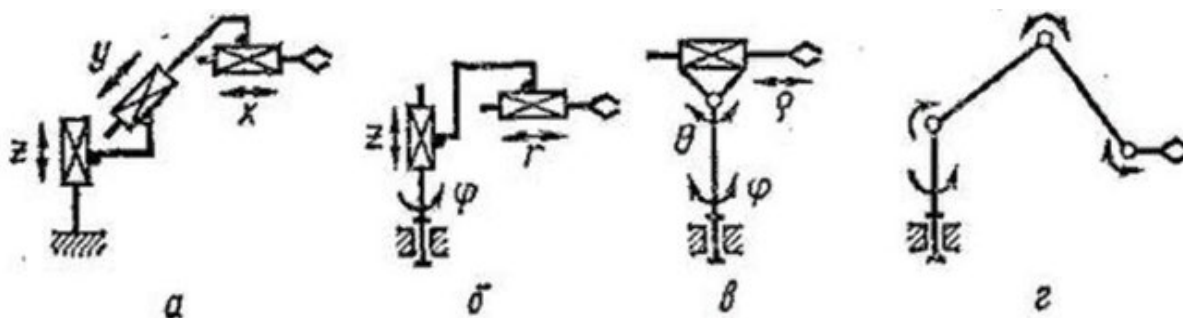


Рис. 3. Классификация промышленных роботов по системе координат руки манипулятора

Роботы внедрены во все области АПК: разработка баз данных, учет урожая, транспортные робототехнические системы, методы контроля робототехнической деятельности. Поэтому предлагаю классифицировать сельскохозяйственную робототехнику по отраслям применения и видам выполняемых работ (в животноводстве и растениеводстве), по характеру перемещения (стационарную, мобильную, беспилотные летательные аппараты), по типу управления (управляемую оператором, полуавтоматическую, автономную), по специализации (специальную, специализированную и универсальную).

Но с другой стороны, АПК России не до конца готово к внедрениям таких технологий, так как машины малоэффективны для производственной работы. А причина этому неподготовленность предприятий, ведь в России они все еще основаны на использовании ручного труда, кроме того, производство роботов все еще не поставлено на поток [4]. Каждая фирма, специализирующаяся на производстве и продаже роботов, производит только определенные автоматизированные машины (вакуумное оборудование, упаковщики, палетайзеры/депалетайзеры, клейщики и многие другие), это мешает развиваться всей промышленной робототехнике. Для более точного представления о тенденциях развития рынка робототехники в АПК приведен рис. 4.

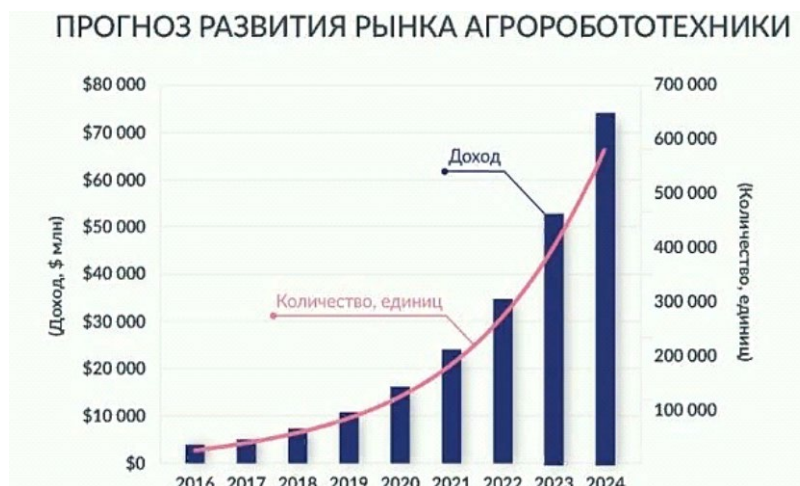


Рис. 4. Перспективы развития агробототехники

Поставить на поток производство промышленных роботов поможет сотрудничество изобретателей и предприятий по производству самих автоматизированных машин. Также следует отметить, что не каждой фирме подойдет робототехническое оснащение, ведь стоит разделять процессы, где механизация должна быть в первую очередь, а где существует большая ответственность, где из-за неполадок может произойти крах бизнеса, или предприятие может понести большие убытки, не совместимые с продолжением предпринимательской деятельности.

Развитие производства и его модернизация становится главным фактором повышения эффективности животноводства как отрасли сельского хозяйства [5]. В странах с развитым АПК используются роботы, которые в некоторых случаях даже заменяют людей. Например, раздатчики, роботы, которые подравнивают корма. Такой робот представлен на рис. 5.



Рис. 5. робот-раздатчик фирмы Lely Vector

Рассматривая проблемы интеграции робототехнических систем и комплексов, можно отметить ряд стран, которые при значительном внедрении в процессы обслуживания и производства в АПК получают гораздо большие и лучшие показатели в экономической и технической сферах, в отличие от стран, где эта сфера деятельности отстает в развитии. Так как от сельскохозяйственной сферы зависит общее благосостояние страны, было бы довольно прагматично интегрировать подобные системы в российский АПК.

Библиографический список

1. Припоров И. Е., Павленко М. Р. Робототехнические средства в приготовлении и раздаче белковых кормов на сельскохозяйственных предприятиях // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 151.
2. Фудина Е. В. Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России // International agricultural journal. 2020. N 1.
3. Рунов Б. А. Применение робототехнических средств в АПК // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2015. № 2 (18).
4. Зыков А. В., Юнин В. А., Захаров А. М. Использование робототехнических средств в АПК // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81).
5. Белай В. Е., Соболева Л. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в агропромышленном комплексе // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Т. II: сб. материалов Всероссийской научно-практ. конф. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2020. С. 45–49.

УДК 004.912

А. А. Колосовская

студентка кафедры управления в технических системах

И. С. Кипяткова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ АУГМЕНТАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЯЗЫКА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ****Введение**

Первое устройство, способное распознавать речь, появилось в 1952 г [1]. Оно было способно распознавать цифры, произнесенные человеком. С тех пор технологии распознавания речи претерпели множество изменений и доработок. В 1990-х гг. появились первые коммерческие программы, позволившие людям с травмированными конечностями набирать большое количество текста [2], [3].

Автоматическое распознавание естественной разговорной речи может использоваться во множестве компьютерных приложений. Разговорный язык является наиболее естественной формой взаимодействия между людьми, однако он редко используется в качестве интерфейса между людьми и машинами. По мере того, как возрастают вычислительные мощности устройств, возрастает потребность в естественных интерфейсах, не требующих предварительного обучения пользователей. Построение систем автоматического распознавания разговорной речи (АППР) требует решения нескольких подзадач, каждая из которых сама по себе является серьезной проблемой. В настоящее время развернуты такие системы, как Apple Siri, Google, Yandex SpeechKit. Например, Microsoft Cortana полагаются на довольно примитивные речевые интерфейсы, характеризующиеся тем, что пользователь произносит одну из нескольких возможных команд, а система выполняет распознанную команду. Эти системы являются яркими примерами возможностей речевых интерфейсов, но не соответствуют нашей мечте о том, чтобы управлять системой, поддерживая диалог так, как мы могли бы, работая с человеком, пытающимся выполнить те же задачи. Недостатки современных речевых интерфейсов являются прямым результатом сложности проектирования систем АППР.

Одной из проблем, возникающих при создании системы АППР, является разработка языковой модели (ЯМ). Очень хорошо работают нейросетевые модели языка [4], [5], но их проблематично подключить на этапе декодирования, поэтому обычно их используют для переоценки гипотез распознавания. На этапе декодирования чаще всего используются статистические n -граммные ЯМ, поэтому исследования по улучшению качества n -граммных моделей до сих пор являются актуальными. Для обучения ЯМ необходим достаточно большой объем текстовых данных той предметной области, для которой создается система распознавания речи. Чаще всего текстовый материал для обучения ЯМ собирают с интернет-сайтов, что позволяет сформировать большой текстовый корпус, но зачастую предметная область таких текстов является отличной от заданной. При этом текстовые данные для нужной предметной области могут быть недостаточного объема. Стандартный метод создания n -граммных ЯМ заключается в интерполяции [6] нескольких n -граммных ЯМ, созданных для каждой предметной области. Веса интерполяции оцениваются с использованием алгоритма ЕМ (англ. *expectation-maximization*) [7] на отладочном наборе данных.

Одним из простых и многообещающих подходов улучшения n -граммных моделей языка является генерация текста с помощью нейросетевой ЯМ для дополнения текстовых данных для обучения n -граммной ЯМ.

Аугментация текстовых данных с помощью нейросетевых моделей языка

Несмотря на то, что нейросетевые ЯМ уже существуют, n -граммные ЯМ все еще используются в системах распознавания речи, поэтому проводятся исследования по улучшению n -граммных ЯМ. В [8] предлагаются четыре метода улучшения n -грамм с использованием текста, созданного с помощью ЯМ, построенной на основе рекуррентной искусственной нейронной сети (РИНС). Во-первых, были использованы несколько ЯМ для разных предметных областей вместо одной. Окончательная n -граммная ЯМ создавалась путем интерполяции ЯМ для каждой области. Во-вторых, были использованы части слов вместо целых слов для ЯМ на основе РИНС, чтобы уменьшить количество

внесловарных слов. В-третьих, с помощью ЯМ на РИНС генерировались текстовые шаблоны, которые использовались в качестве дополнительных текстовых данных для обучения n -граммных ЯМ. В-четвертых, нейросетевая ЯМ использовалась как в прямом, так и в обратном направлениях. Было обнаружено, что эти четыре метода улучшили точность распознавания речи до 4 %.

Авторы вдохновились методом создания интерполированной n -граммной ЯМ из нескольких корпусов и предлагают с использованием нескольких ЯМ на РИНС сгенерировать несколько текстов и интерполировать их, чтобы получить окончательную n -граммную ЯМ. Делалась сбалансированная выборка из наборов данных, чтобы создать единый сбалансированный корпус. Коэффициенты интерполяции каждого из набора данных можно определить аналогичным образом, как это обычно делается при интерполировании ЯМ. Сбалансированный корпус использовался для обучения исходной нейросетевой ЯМ, которая затем адаптировалась путем тонкой настройки. Используя каждую адаптированную нейросетевую ЯМ, авторы генерировали большое число текстов, на которых потом обучали n -граммные ЯМ. Окончательная n -граммная ЯМ получалась путем интерполяции как исходных n -граммных ЯМ, так и сгенерированных n -граммных ЯМ.

Авторы использовали идею из [9], где было предложено использовать части слов для генерации текста нейросетевой ЯМ. Они лучше всего подходят для языков, в которых много составных слов. Кроме того, можно получить новый словарь из сгенерированного текста.

Проблема, возникающая при формировании слов из частей слов (морфем), заключается в том, что сгенерированный текст может включать в себя неестественные слова из-за комбинирования пары морфем, из которых не получается общепринятое слово. Авторы предлагают использовать большой веб-корпус для фильтрации этих неестественных для языка слов. Например, для основных языков можно загрузить большое количество текста из Интернета, в таком случае в корпусе будет попадаться много слов, неуместных для целевой области, но почти все слова будут являться естественными. Таким образом, слова, которые часто появляются в корпусе, сгенерированном ЯМ на основе РИНС для целевой области, хотя бы один раз появляются в веб-корпусе, могут быть хорошими примерами для пополнения словаря.

Одна из проблем, возникающих при расширении обучающих данных на основе данных из Интернета, состоит в том, что создание больших данных требует больших мощностей. Если данных недостаточно, обычные слова будут неоднократно появляться в расширенных данных. Чтобы минимизировать эту проблему, авторы предлагают генерировать шаблоны с помощью РИНС, которая для создания шаблонов имеет специальные слова, такие как [город], что дает возможность создавать и выводить шаблоны. РИНС обучается с использованием вручную подготовленных шаблонов в качестве обучающих данных. Обученный шаблон РИНС может сгенерировать не только «Я посетил [город]», который появляется в данных обучения, но также «Я посетил [город]», используя полученные знания. После создания большого количества шаблонов авторы заменяют эти специальные слова конкретными примерами, чтобы создать корпус для обучения n -граммы.

Аугментация текстовых данных с помощью нейросетевой ЯМ также описана в [10], где авторы представили подход, называемый нейронным увеличением текста на основе частей слов с использованием ЯМ на основе модели Transformer. Данный подход может быть использован для морфологически богатых языков. С помощью этого нового подхода авторам удалось уменьшить количество неправильно распознанных слов (англ. *Word error rate* – WER) [11] онлайн-системы распознавания речи по записям разговоров из колл-центров в Венгрии более чем на 10 % в относительных значениях (с 21,9 до 19,6 %). Такое решение позволяет сократить количество внесловарных слов, сохраняя при этом довольно низкий размер словаря и объем требуемой памяти системы.

Архитектуры Transformer оказались особенно успешными в создании хорошо структурированных текстов высокого качества благодаря механизму самовнимания (англ. *self-attention*) [12] и глубине модели. В данной работе авторы применили архитектуру OpenAI GPT-2, реализованную в библиотеке Transformers HuggingFace. Архитектура GPT-2 имеет четыре варианта с разными размерами, из которых авторы выбрали среднюю, используя в общей сложности 345 млн параметров.

В статье демонстрируется, что n -граммная ЯМ может быть улучшена с помощью нейронных ЯМ путем применения метода аугментации данных на основе генерации текста. Здесь было использовано крупномасштабное предварительное обучение общей предметной области с последующей

стратегией точной настройки внутри предметной области для построения глубоких нейронных ЯМ на основе Transformer [13]. Большой объем текстовых данных предметной области генерируется с помощью хорошо обученного глубинного преобразователя для построения новых n -граммных ЯМ, которые затем интерполируются с базовыми n -граммными моделями. Эмпирические исследования различных задач распознавания речи показывают, что предлагаемый подход может эффективно повысить точность распознавания. В частности, предлагаемый авторами статьи подход обеспечивает значительное снижение относительного количества неправильно распознанных слов до 6,0 % для предметных областей с ограниченными обучающими данными. Авторы представили способ аугментации данных на основе генерации текста, который эффективно улучшает n -граммные ЯМ. В этой работе впервые была использована модель Deep Transformer для генерации текста, более того, было предложено общее предварительное обучение предметной области с возможностью дальнейшей доработки и настройки. Авторы заявляют, что их исследования позволят в полной мере использовать большие корпуса и нейронные сети с большой пропускной способностью, а также утверждают, что их подход широко применим к различным областям данных.

Заключение

Проведенный обзор показывает, что обучение n -граммных ЯМ на текстовых данных, полученных путем аугментации с помощью нейросетевых ЯМ, позволяет увеличить точность систем автоматического распознавания речи. Таким образом, такой подход является очень удобным и перспективным, однако для русского языка он еще не применялся. В дальнейшей работе планируется исследовать похожие методы аугментации текстовых данных для обучения n -граммной модели для русского языка.

Библиографический список

1. Davies K., Biddulph R., Balashek S. Automatic Speech Recognition of Spoken Digits, J. Acoust. Soc. Am. 24. P. 1–3.
2. Dragon Speech Recognition Solutions. URL: <https://www.nuance.com/dragon.html> (дата обращения: 05.02.2020).
3. VoiceNavigator. Система голосового взаимодействия. URL: <https://www.speechpro.ru/product/sistemy-upravleniya-kachestvom-i-avtomatizatsii/voicnavigator> (дата обращения: 05.02.2020).
4. Mikolov T., Karafiát M., Burget L. Recurrent neural network based language model // Proceedings of INTERSPEECH'2010. 2010. P. 1045–1048.
5. Купяткова И. С., Карпов А. А. Исследование нейросетевых моделей русского языка для систем автоматического распознавания слитной речи // Автоматика и телемеханика. 2017. Т. 78. № 5. С. 110–1226.
6. Moore G. Adaptive Statistical Class-based Language Modelling // PhD thesis. Cambridge University. 2001. P. 416–418.
7. Dempster A., Laird N., Rubin D. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm // Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological). 1977. Т. 39. N. 1. P. 1–22.
8. Suzuki M., Itoh N., Nagano T. Improvements to n -gram language model using text generated from neural language model // Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2019. P. 7245–7249.
9. Huang G. An investigation into language model data augmentation for low-resourced STT and KWS // Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2017. P. 5790–5794.
10. Tarjan B., Szaszak G., Fegyo T. Deep Transformer based Data Augmentation with Subword Units for Morphologically Rich Online ASR. URL: <https://arxiv.org/abs/2007.06949> (дата обращения: 05.02.2020).
11. Young S. The HTK Book (for HTK Version 3.4) // Cambridge, UK. 2009. P. 183.
12. Shaw P., Uszkoreit J., Vaswani A. Self-Attention with Relative Position Representations. URL: <https://arxiv.org/abs/1803.02155> (дата обращения: 05.02.2020).
13. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. Attention Is All You Need // 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1706.03762> (дата обращения: 05.02.2020).

УДК 004.9

О. И. Кононенко, А. С. Сманцер

студенты кафедры технологий защиты информации

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Введение

В настоящее время все большую актуальность приобретают внедрение и разработка целевых методов, технологий и подходов к обеспечению информационной безопасности в современных организациях и предприятиях разного масштаба и прикладной направленности.

Это вызвано необходимостью в повышении надежности хранения информации, ее обработке и передаче между клиентами или сотрудниками организации, что является неотъемлемым фактором эффективного выполнения большинства стратегических и операционных бизнес-процессов.

Для обеспечения информационной безопасности в практике современных организаций применяются разноплановые решения и методики, в том числе системы защищенного электронного документооборота, модули криптографического шифрования и преобразования данных, системы многофакторной аутентификации, системы контроля управления доступом к информации, средства разграничения доступа с биометрическими технологиями верификации пользователей и многие другие.

Однако большая часть из подобных, имеющих на рынке систем, технологий и решений не способны или не предназначены для комплексной оценки и анализа деятельности пользователя в корпоративной информационной инфраструктуре с учетом его поведенческих факторов и выполняемых действий [1]–[4].

Для решения данной проблемы целесообразным является использование систем и подходов проведения поведенческого аудита (ПА) пользователя, имеющего доступ и использующего аппаратные и программные ресурсы и средства предприятий [5]–[8].

В связи с этим актуальной задачей является проведение сравнительного анализа специфики существующих систем поведенческого аудита (СПА) в сфере информационной безопасности для выявления наиболее целостных и системных решений, обладающих универсальностью и перманентным функционалом для удовлетворения ключевых нужд современных организаций.

Цель работы заключается в сравнении систем поведенческого аудита, используемых в практике действующих на рынке компаний и предприятий для обеспечения информационной безопасности их данных.

Основная часть

Проводя анализ предметной области, необходимо отметить, что ПА в сфере информационной безопасности в настоящее время, как правило, выполняет такие функции, как [9]:

- получение информации о поведении сотрудников организации в корпоративной сети в режиме реального времени или по логам записей, хранимых на сервере, где полученные данные обобщаются и систематизируются, образуя статистическую картину опасных действий пользователя за указанный временной интервал, доступную для интерпретации, визуализации и последующего анализа;
- выработка рекомендательных правил, норм, стандартов и регламентов по повышению осведомленности сотрудников о последствиях их небезопасного поведения в организации и в ее технической инфраструктуре;
- контроль соблюдения сотрудниками организации действующих корпоративных положений и технологий, предназначенных для обеспечения информационной безопасности хранимых данных.

В настоящее время на рынке программного обеспечения СПА существует ряд решений, используемых для автоматизации мониторинга поведения сотрудников в корпоративном информационном пространстве. Рассмотрим наиболее популярные из них.

1. Makves DCAP – одна из наиболее функциональных систем, реализующая механизмы поведенческого аудита пользователей мониторинга информационных ресурсов предприятий. Данное решение обеспечивает функционал по выявлению коллизии и контроля прав доступа пользователей к файлам, идентификации и отслеживанию приоритетных информационных активов организации, оценки рисков несанкционированного доступа и утечки данных. Система агрегирует различные события для поведенческого анализа активности пользователей с целью выявления аномальных действий. Технически архитектура системы имплементируется в виде 3 отдельных модулей: консоль, хранилище и агенты [10].

Преимущества системы: отечественная разработка, широкий набор функционала, оперативная техническая поддержка, масштабируемость и гибкость процесса настройки.

Недостатки системы: высокая стоимость лицензии, сложности в интерфейсе, специфичность и трудоемкость процесса развертывания в локальной корпоративной сети.

2. Система HP ArcSight предназначена для сборки и анализа поведенческих факторов пользователя, в том числе формирования информационных сообщений о потенциальных и реальных событиях безопасности, генерируемых автоматически. Сводная информация консолидируется, обрабатывается и подвергается комплексному и многофакторному анализу путем проверки установленных правил соблюдения информационной безопасности. Результаты проведенного системой анализа структурируются и отправляются специалистам по аудиту информационной безопасности для итогового принятия решений по мерам реагирования на выявленные угрозы [11].

Преимущества системы: современный интерфейс, поддержка работы на разных платформах, модульность.

Недостатки системы: высокая стоимость, сложность технической поддержки и обновления, сильная зависимость производительности работы от инфраструктуры.

3. Система СпрутМонитор является отечественной разработкой и обладает функционалом по анализу шаблонов поведения пользователей (осуществляется сбор параметров и оценка целевых метрик, в том числе анализируется частота использования отдельных программ, веб-приложений, текущее время, роли доступа к информации, сетевые данные по опрашиваемым адресам и запросам. Реализуются механизмы автоматического реагирования на выявленные угрозы, которые могут проявиться в процессе работы в системе сотрудников, в том числе имплементируя процедуры информационного предупреждения или блокировки используемых ресурсов. Дополнительно данная система может оценивать производительность сотрудников и наиболее приоритетные риски [12].

Преимущества системы: низкая стоимость лицензии, простота и легкость в использовании, высокая скорость интеграции, наличие большого объема справочной документации.

Недостатки системы: редкое обновление, отсутствие поддержки различных операционных платформ кроме семейства Windows, отсутствие тонких настроек системы.

4. Система FortiInsight предназначена для автоматизации процессов анализа и аудита поведения пользователей корпоративных продуктов. Она реализует многопоточный мониторинг совершаемых сотрудниками действий на базе имплементации ряда алгоритмов машинного обучения. Важным аспектом является поддержка режимов тихого слежения за запущенными рабочими станциями и серверами. Ключевой функцией системы является точная детекция подозрительной активности пользователей путем поиска аномалий с последующим информированием специалистов по безопасности для анализа данных. Целевым ориентиром для компании является максимально возможное снижения рисков потери или утечки критической информации для бизнеса, способствуя тем самым росту уровня информационной безопасности организации [13].

Преимущества системы: имплементация алгоритмов ИИ, удобство интерфейса, гибкость функционала, хорошая проработка эргономики процесса использования.

Недостатки системы: высокая стоимость, ограниченность функционала по аудиту поведения, слабая интеграция с другими решениями.

Результаты сравнительного анализа СПА в сфере информационной безопасности приведены в табл. 1.

Результаты сравнительного анализа СПА

Критерии	Makves DCAP	HP ArcSight	СпрутМонитор	FortiInsight
Кроссплатформенность	Присутствует	Присутствует	Отсутствует	Присутствует
Производительность	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя
Детализация настроек	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая
Автоматический анализ	Есть	Частично	Нет	Есть
Стоимость лицензии, руб.	1500 000	7000 000	10 000/год	240 000/год
Гибкость эксплуатации	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая
Надежность работы	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая

Выводы

Результаты проведенных исследований по выполнению сравнительного анализа систем поведенческого аудита в сфере информационной безопасности показали специфичность каждого из рассмотренных решений, их прикладную ориентированность, сильные и слабые стороны. Следует отметить, что на данный момент не существует универсальной системы, способной интегрировать в своем составе все необходимые функции и средства обеспечения информационной безопасности организации, однако наиболее приоритетным решением для большей части является система «FortiInsight», обладающая высокой степенью гибкости, адаптивности и надежности в имплементации в рамках как крупных, так и небольших предприятий и компаний. Одним из возможных путей повышения эффективности использования систем поведенческого аудита для информационной безопасности является дополнение их функционала посредством интеграции приложений, модулей и подсистем, реализующих возможности автоматизации процессов анализа данных с целью достижения превентивного результата по выявлению несанкционированных действий или злоумышленных намерений со стороны пользователей.

Библиографический список

1. Трунова А. В. Обеспечение информационной безопасности предприятия // Современные инновации. 2018. № 4 (26). С. 33–35.
2. Мамаева Л. Н., Кондратьева О. А. Основные направления обеспечения информационной безопасности предприятия // Информационная безопасность регионов. 2016. № 2 (23). С. 5–9.
3. Ситнов А. А. Организация аудита информационной безопасности // Учет. Анализ. Аудит. 2016. № 6. С. 102–110.
4. Хлестова Д. Р., Байрушин Ф. Т. Аудит информационной безопасности в организации // Символ науки. 2016. № 11-3. С. 175–177.
5. Хайруллина Л. И., Чижова М. А. Системные действия в управлении охраной труда: поведенческий аудит и его практическая реализация // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 11. С. 121–124.
6. Глебова Е. В., Фомин Э. А., Иванова М. В. Количественная оценка безопасного поведения работника по результатам поведенческого аудита безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 3. С. 52–56.
7. Свищев А. В. Поведенческий аудит как элемент совершенствования системы управления охраной труда // Наука и образование: проблемы и перспективы: материалы V междунар. научно-практ. конф., 2016. С. 53–55.

8. Арженовский С. В., Бахтеев А. В., Синявская Т. Г. Поведенческие аспекты аудита: обзор исследований // Вестник евразийской науки. 2019. № 6. С. 1–5.
9. Беляев И. В. Программные продукты поддержки аудиторских процедур // Научные записки молодых исследователей. 2015. № 3. С. 5–10.
10. Система аудита и управления информационными активами. URL: <https://makves.ru/dcap> (дата обращения: 13.01.2021).
11. HP ArcSight. URL: http://www.siem.su/SIEM_HP_ArcSight.php (дата обращения: 13.01.2021).
12. Мониторинг активности пользователей, сотрудников с СпрутМонитор. URL: <https://sprutmonitor.ru/user-activity-monitoring.html> (дата обращения: 14.01.2021).
13. FortiInsight Offision Data Sheet. Monitor. Detect. Respond. URL: <https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/data-sheets/FortiInsight.pdf> (дата обращения: 14.01.2021).

УДК 615.478.1

А. А. Корябин

ученик 11 класса, ГБОУ СОШ № 546

А. П. Бобрышов – магистрант кафедры электромеханики и робототехники – научный руководитель**МЕДИЦИНСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА****Введение**

Одним из важнейших факторов в жизни человека является медицина. Она обеспечивает сохранение и укрепление нашего здоровья, а также помогает обнаружить и предотвратить различные заболевания. Благодаря современным технологиям люди даже после серьезных повреждений могут жить обычной жизнью. Немалую часть в этом занимают роботы. Они могут улучшить взаимодействие врачей и больных. Первый медицинский робот, который оказывал помощь хирургам при помощи роботизированных рук, был Arthrobot – впервые разработанный и используемый в Ванкувере (Канада) в 1985 г [1]. На данный момент в медицине робототехника используется не только для операций, но и для улучшения качества ухода за пациентами. А также для практики новых сотрудников, например, выполняя роль тренажера, имитируя различного рода травмы или болезни для помощи начинающим врачам. Самые значимые плюсы умных машин – это высокая эффективность, повышение безопасности в области здоровья пациентов и удобство использования [2]. Современные робототехнические машины состоят из множества сложных конструктивных элементов: органов управления, изготовленных из специализированных под медицину материалов, ИИ, компьютерного зрения и т. д. В данный момент полностью автономно могут двигаться роботы, проводящие простые операции или использующиеся для обслуживания пациентов. За более сложными операциями наблюдает хирург при помощи специальной консоли и лично управляет им при помощи манипуляторов.

В последнее время медицинская робототехника все больше используется и внедряется в различные области медицины. На рис. 1 можно заметить график роста использования роботов в хирургии в мире.

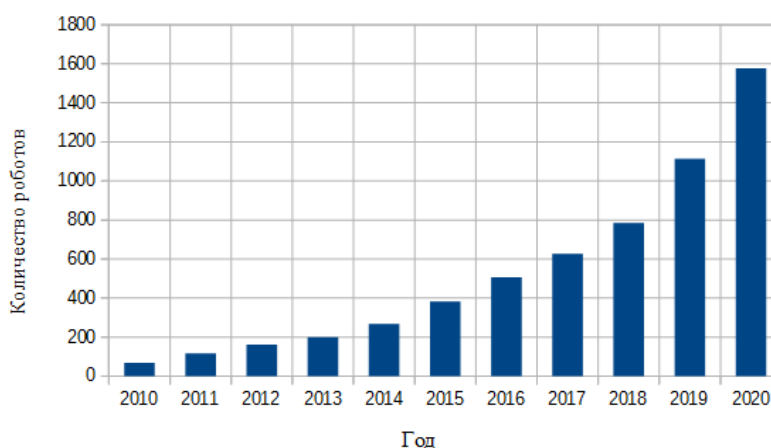


Рис. 1. График зависимости используемых роботов в медицине

Наиболее распространенными являются хирургические, модульные, обслуживающие и автономные роботы.

Хирургические роботы

В хирургии используются такие комплексы и системы, как: Da Vinci, роботизированная система ZRSS или ZEUS, R2D2 (Robotic Retinal Dissection Device). Они позволяют хирургам не входить в контакт с оперируемым и проводить сложные операции, нанося небольшие надрезы [3]. Есть два типа управления хирургическими роботами:

- Полуавтоматический – хирург лично управляет роботом при помощи дистанционных телеманипуляторов, использующихся для выполнения движений во время операции. Роботизированные

руки выполняют необходимые движения, используя манипуляторы для проведения операции и датчики для контроля этого.

- **Автоматический** – когда операция проводится под управлением самого робота. Основываясь на доступной информации, он может самостоятельно подобрать алгоритм проведения операции и точно выполнить его. На сегодняшний день машина без вмешательства человека способна выполнять только простейшие процедуры.

Одним из примеров хирургического комплекса является система Da Vinci (рис. 2), названная в честь великого инженера, художника и ученого Леонарда Да Винчи [4]. Робот позволяет хирургам выполнять самые сложные операции, не касаясь пациента, нанося минимальные повреждения тканей. Он может применяться в кардиологии, гинекологии, урологии и общей хирургии. Во время операции с Da Vinci хирург находится за пару метров от операционного стола, на мониторе которого 3D-изображение оперируемого органа. Оператор управляет тонкими хирургическими инструментами, проникающих в тело пациента через небольшие отверстия [5]. Такие инструменты можно использовать для точных операций на небольших и труднодоступных участках тела.



Рис. 2. Ассистированная хирургическая система Da Vinci

Роботизированная система ZRSS или ZEUS (рис. 3) состоит из консоли управления и трех рук-манипуляторов, которые крепятся к операционному столу. Правый и левый манипуляторы повторяли движения рук хирурга, чтобы сделать точные разрезы и удаления, а третий – AESOP – роботическая рука с голосовым управлением для навигации эндоскопа, позволяющим хирургу видеть происходящее внутри тела пациента. Консоль управления состоит из монитора и эргономично расположенных ручек-манипуляторов для управления инструментами.



Рис. 3. Роботизированная хирургическая система ZEUS

Модульные роботы

Модульные роботы – это устройства, которые помогают пациентам в реабилитации после различных тяжелых травм (терапевтические роботы), а также могут заменить потерянные конечности (протезы).

- **Протезы** – искусственные заменители, заменяющие утраченные или необратимо поврежденные части тела, используя протезирование [6]. Они заменяют не только кости и конечности, но и внутренние органы или сосуды. Протезы бывают как внутренние, так и внешние. Внутренние протезы чаще всего называют искусственными органами, которые призваны временно или навсегда заменить

внутренние органы человека. Кроме того, некоторые люди заменяют свои органы, чтобы получить новые возможности. Внешние протезы бывают нескольких типов:

- Нейронные протезы – являются электронными имплантами (класс изделий медицинского назначения, используемых для вживления в организм), которые могут восстановить функции (двигательные, чувствительные и другие), утраченные в результате травмы или болезни. Примером может служить слуховой аппарат, позволяющий компенсировать потерю слуха. Нейронные имплантаты проектируются настолько маленькими, насколько это возможно, чтобы минимизировать при вмешательстве степень травмирования организма, особенно в районах, окружающих мозг, глаза или ушные улитки.
- Бионические протезы – позволяют людям, оснащенным ими, не только двигать рукой робота, но и осязать касаемые предметы. Часто изготавливаются из углеродного волокна.
- Косметические протезы – протезы конечностей, восполняющие форму и внешний вид отсутствующей ее части, но ни в какой мере не восполняющий его функцию.

Обслуживающие роботы

Основной задачей обслуживающих роботов является снижение загруженности медицинского персонала, выполнение ежедневных задач по материально-техническому обеспечению. Многие из них выполняют функции в автономном режиме и способны отправлять отчеты о выполнении поставленных задач. Эти роботы убирают палаты пациентов, отслеживают присутствие расходных материалов, регистрируют заказы на покупку, наполняют шкафы необходимыми расходными материалами и транспортируют белье в прачечную и обратно [7]. Благодаря выполнению некоторых ежедневных задач обслуживающие роботы предоставляют медицинским работникам больше времени для лучшей помощи пациентам. Одно из ответвлений – социальные роботы. Они напрямую взаимодействуют с людьми. Их можно использовать для длительного ухода за больными. Делают работу сиделок легче, стабилизируют эмоциональное состояние пациентов.

Автономные роботы

Автономные роботы – это машины, которые могут самостоятельно перемещаться к пациентам в смотровых или больничных помещениях, что обеспечивает врачам возможность удаленного взаимодействия. Роботы, контролируемые удаленно специалистом или другим сотрудником, могут оказывать помощь врачам во время больничных обходов, что позволяет специалисту обеспечивать визуальное консультирование по вопросам диагностики и лечения. Роботы могут отслеживать уровень заряда своих аккумуляторов и возвращаться на станции для подзарядки, когда это необходимо. Одно из ответвлений автономных роботов – мобильные роботы. Они способны самостоятельно передвигаться по больнице, используя проводной или уже заранее закаченный в базы данных путь [8]. Их можно использовать для множества целей: помощь с транспортировкой пациента, дезинфекция помещений, передвижение громоздкого оборудования.

Дистанционная хирургия

Как описывалось выше, существуют машины, которыми специалист-медик в состоянии управлять на расстоянии. Данная возможность позволяет оптимизировать и ускорить работу врачей и медицинского персонала. В роботизированной хирургии существуют робототехнические комплексы, обеспечивающие выполнение операций дистанционно под управлением опытных хирургов. Первая полностью удаленная операция по удалению желчного пузыря пациента во Франции была произведена в 2001 г. с использованием робототехнической хирургической системы ZEUS. Данное направление получило название «телехирургия» и развивается в настоящее время. Основной проблемой является необходимость точной дистанционно-тактильной обратной связи, связанной с ощущением прикосновения, чтобы помочь хирургам понять силу воздействия. Это необходимо для выполнения манипуляций, поскольку достаточно тяжело понимать и воспринимать такую информацию с экрана монитора. Данная технология является по настоящему инновационной. Ярким примером ее назначения является срочное оказание медицинской помощи пострадавшему, в случае если врач соответствующей квалификации отсутствует или занят другой, не менее важной, операцией.

Заключение

С начала прошлого столетия медицинская робототехника значительно продвинулась вперед и даже сегодня она развивается «семиимильными шагами». Уже сейчас с помощью технологий и ИИ

роботы могут проводить несложные операции без вмешательства человека, а в будущем будут способны проводить самостоятельно сложнейшие операции. Распространение роботов в больницах тоже играет в этом решающую роль, наличие хотя бы нескольких роботов в каждой больнице, которые могут проводить сложные операции или быть управляемыми издалека высококвалифицированными врачами, позволит увеличить качество работы персонала больницы, уровень оказания первой помощи пациенту, а также снизит количество ошибок, совершаемых во время операции. Конечно, сегодня полностью заменить человека робот не способен, но увеличить его эффективность и качество выполняемой работы он может. Этот факт является важнейшим достоинством внедрения робототехнических аппаратов в такую важную область человеческой жизни, как медицина.

Библиографический список

1. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Протезирование> (дата обращения: 19.03.2021).
2. URL: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/healthcare-it/robotics-in-healthcare.html> (дата обращения: 24.03.2021).
3. URL: <https://shekhetov.ru/2018/08/05/робототехника-в-медицине/> (дата обращения: 19.03.2021).
4. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Роботизированная_хирургия (дата обращения: 24.03.2021).
5. Костров Б. В., Ручкин В. Н., Фулин В. А. Искусственный интеллект и робототехника. М.: Диалог-Мифи, 2008.
6. Тугенгольд А. К. Введение в мехатронику. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2010.
7. Славущий Я. Л. Физиологические аспекты биоэлектрического управления протезами. М.: Медицина, 1982. 289 с.
8. Нигматуллин А. Р. Робототехника в медицине. URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-196869.html> (дата обращения: 20.03.2021).

УДК 004.5

А. С. Куделин

студент кафедры электромеханики и робототехники

А. В. Рысин

ассистент кафедры электромеханики и робототехники

О. Я. Соленая – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОБОТОТЕХНИКЕ**

Искусственный интеллект неразрывно связан с робототехникой. Робот – это машина, воспринимающая окружающую действительность, обрабатывать ее и действовать соответствующим образом в той или иной ситуации.

Термины «ИИ» и «робот» сильно разнесены во времени (1921 и 1956 гг.), причем за последние 50 лет пути развития этих областей сходились и расходились. На данный момент прогресс вычислительных мощностей, огромный объем практических наработок, открытый доступ к информации – все это вынуждает эти дисциплины вновь объединиться.

Искусственный интеллект – это способность программ и устройств интерпретировать данные, обучаться на них и использовать полученную информацию для выполнения задач как при помощи человека, так и самостоятельно.

Искусственный интеллект делится на два типа:

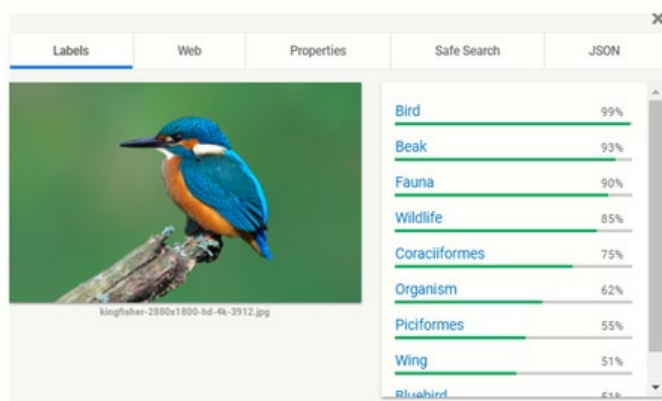
- сильный ИИ – интеллект способный решать задачи наравне с человеком;
- слабый ИИ – интеллект, занимающийся только решением определенных задач, достигает конкретных поставленных целей.

На данный момент существуют различные технологии ИИ:

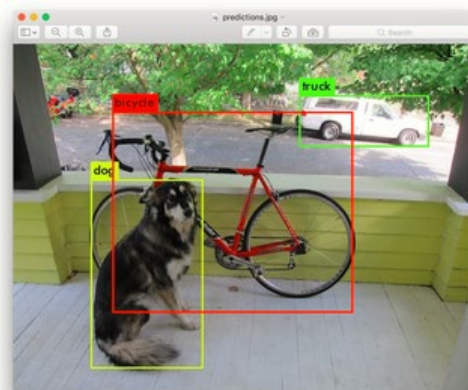
- компьютерное зрение;
- обработка естественного языка;
- речевая аналитика;
- принятие решений;
- рекомендательные системы.

1. Компьютерное зрение

Это обработка визуальной информации для получения данных. Базовая задача внутри этой технологии – нахождение объекта на изображениях и видео, то есть определение того, что на одной фотографии светофор, на другой – смартфон, калькулятор и линейка. В робототехнике субъект восприятия приводит робота к пониманию того, что нужно делать и как это делать, а также способствует его обучению (рис. 1).



Детектирование наличия объекта Bird



Распознавание объектов Dog, Bicycle и Truck с определением места

Рис. 1. Детектирование и распознавание объектов

Логическим продолжением детектирования является трекинг, другими словами, сначала обнаруживается объект, а затем передвижение. Роботы нуждаются в этом, чтобы понять визуальную сцену и научиться предсказывать действия других объектов, которые необходимы, например, беспилотным автомобилям.

Другими задачами компьютерного зрения являются сегментация изображения (понимание того, где находится земля, где находится стена и где находится дверь) и оценка глубины. Последнее означает понимание расстояния до объекта и решается путем реконструкции трехмерной геометрии из набора двумерных фотографий [1].

2. Обработка естественного языка

Общение с человеком невозможно без понимания его языка. Специалисты в области ИИ показывают индивидуальные формы, даже эмоциональную окраску слов в тексте и вшивают их в программу. Роботы нуждаются в такой технологии, для них это как окно разговора с человеком, и речь идет не только о понимании, но и о реагировании и изучении новых концепций.

Нейросетевой машинный перевод (Neural Machine Translation) – подход к моделированию перевода с использованием рекуррентной нейронной сети (Recurrent Neural Network, RNN). RNN – нейросеть с зависимостью от предыдущих состояний, со связью между проходами. Нейроны получают информацию из предыдущих слоев, а также из самих себя на предыдущем шаге. Это означает, что важен порядок ввода данных для обучения сети (рис. 2).

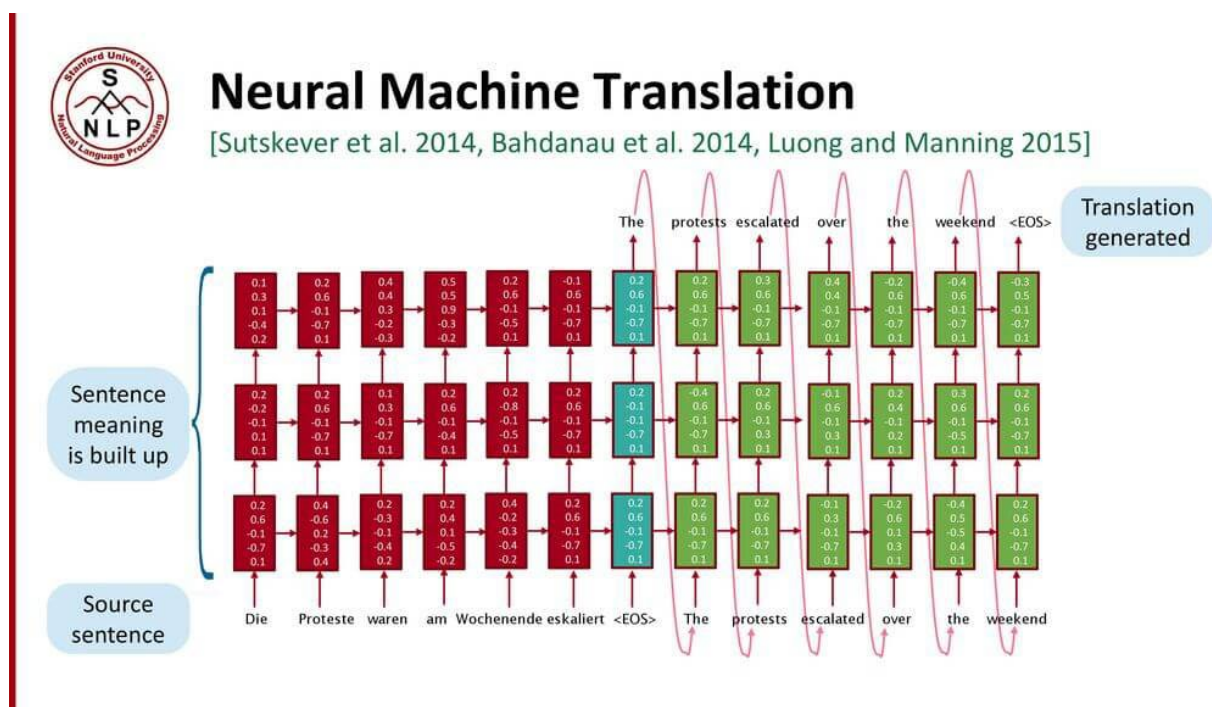


Рис. 2. Нейронный машинный перевод

Стандартная модель нейро машинного перевода – это сквозная нейросеть, в которой исходное предложение кодируется RNN, называемым кодером, а целевое слово предназначено для другого RNN, называемого декодером. Кодировщик «читает» исходное предложение со скоростью один символ в единицу времени, после чего совмещает исходное предложение в последнем скрытом слое. Декодер использует распространение ошибок обратной связи для изучения этого соединения и возвращает переведенный вариант [2].

3. Речевая аналитика

Если обработка языка касается текстовой информации, то речевая аналитика – звуковой. В первых, это распознавание той речи, которая к 2019 г. уже прочно вошла в повседневную жизнь людей. Следующим этапом является синтез речи, улучшение речевых характеристик робота или программ до уровня человеческого общения.

4. Принятие решений

В качестве альтернативы эту технологию можно назвать автоматизацией процессов, когда она реализуется без участия человека. В очередной раз речь идет о слабом ИИ, заточенном на решение отдельных задач, принятие технологических решений которого, вероятно, наиболее понятно для собственных целей. Авторы обзора выделяют несколько областей применения этих технологий:

- навигация, например, избегание препятствий, запоминание и выставление счетов маршрутов, определение местоположения в пространстве;
- обучение путем демонстрации, когда робот учится визуальным или механически отображаемым действиям;
- автоматизированное обучение машин, то есть снижение участия человека, частичный переход к собственному обучению;
- эмоциональное взаимодействие, которое представляет собой понимание машиной настроения человека, накладывая его на свои особенности «характера» и выдавать результат в виде «мимики» или «эмоций» [3].

5. Рекомендательные системы

На расстоянии эта технология похожа на процесс принятия решений, но была выделена как отдельный элемент. Это связано с возможностью широкого применения рекомендуемых систем в сервисной робототехнике. Речь идет о поставках товаров и услуг, направленных на рекламу и выбор фильмов и музыки. В случае роботов технология может вызвать распространение роботов-официантов или консультантов по продажам.

В дальнейшем развитие робототехники будет происходить главным образом за счет более широкого и глубокого внедрения ИИ, а не за счет совершенствования материально-технической базы.

Перспективы развития рынка разделяют на краткосрочные и долгосрочные.

Краткосрочные инновации:

- захват и манипулирование объектами будут доведены до уровня человеческих действий;
- мобильность роботов и их преодоление препятствий также будут равны навыкам человека;
- разговор с роботом не будет отличаться от разговора с человеком;
- стоимость и время программирования роботов будут сокращены, что сделает их дешевле, а внедрение автоматизации станет шире.

Долгосрочные инновации:

- каждый робот сможет решать все задачи, присущие слабому (узкоспециальному) ИИ;
- в рамках своих обязанностей роботы станут полностью автономными, и уход за ними не потребует вмешательства человека;
- постоянный обмен информацией и некоторыми успешными решениями между роботами ускорит процесс саморазвития;
- роботы не только будут общаться как люди, они смогут планировать свое поведение, основываясь на возможном воздействии на других, но и фактически разовьют социальный интеллект;
- благодаря технологии ИИ роботы не только приобретут базовые знания для определенного вида деятельности, но и будут рассматриваться как высококвалифицированные специалисты, например, продавцы или медсестры [4].

Заключение

ИИ является мощным инструментом для обработки данных и находит решения сложных задач быстрее, чем традиционные алгоритмы, написанные программистами. ИНС и методы глубокого обучения могут помочь решить множество различных проблем. Недостаток заключается в том, что наиболее оптимизированные модели часто выступают в роли «черных ящиков», не позволяя им исследовать причины выбора конкретных решений. Этот факт может привести к возникновению этических проблем, связанных с прозрачностью информации.

Библиографический список

1. 5 методов обработки естественного языка, которые стремительно меняют мир вокруг нас. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/5-metodov-v-nlp-kotorye-izmenjat-obshhenie-v-budushhem/> (дата обращения: 20.12.2020).
2. Речевые технологии: на пути от распознавания к пониманию. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 20.12.2020).
3. Будущее ИИ в России: как технологии превратятся в решения. URL: https://cnews.ru/articles/2019-10-02_budushchee_iskusstvennogo_intellekta (дата обращения: 20.12.2020).
4. Все, что вам нужно знать об ИИ, – за несколько минут. URL: <https://habr.com/ru/post/416889/> (дата обращения: 20.12.2020).

Наибольшее распространение получила параллельная схема: ДВС и ЭП механически связаны с колесами посредством дифференциала, который позволяет работать индивидуально или совместно. В гибридах стоит мощный электродвигатель (от 10 до 15 кВт), дополняющий ДВС во время разгона, а при торможении накапливается рекуперативная энергия.

Гибриды (последовательно-параллельные) смешанного типа также находят свое применение. ДВС, электрогенератор и электродвигатель связаны друг с другом и с колесами с помощью планетарной передачи, что позволяет менять потоки мощности между узлами. ДВС вращает колеса в тандеме с электродвигателем, одновременно вращая генератор. Электроника контролирует скорость двигателя и генератора, делая такую систему бесступенчатой коробкой передач.

Гибридные силовые установки используют два источника энергии для своего движения. Обычно электрический двигатель объединен с двигателем внутреннего сгорания. Ожидается, что гибриды будут иметь более низкий расход топлива и будут меньше загрязнять окружающую среду, чем обычные установки на одном источнике энергии. Снижение расхода топлива гибридных силовых установок может быть достигнуто за счет оптимизации их механической конструкции: облегчения кузова, повышения эффективности двигателя и т.д., а также за счет оптимизации потоков мощности между двигателем, генератором и аккумулятором.

Оптимальное управление распределением потоков мощности между силовыми агрегатами ГСУ оказывает ключевое влияние на экологические, энергетические и ездовые характеристики робота. Поэтому распределитель мощности рассматривается как главный элемент системы управления ГСУ.

Принцип движения гибридной силовой установки

Принцип работы гибридной силовой установки состоит из нескольких этапов движения. Эти этапы описывают практически всю работу установки и особенно важны для рассмотрения задачи управления.

Первым этапом является начало движения, движение с малой скоростью, нагрузкой или под небольшим углом. Движение в таком режиме обеспечивается электродвигателем, так как двигатель внутреннего сгорания имеет низкий КПД при малых нагрузках. Здесь необходимо достаточное количество энергии в накопителе, иначе движение будет осуществляться с использованием ДВС.

Какое-то время робот может двигаться равномерно, такой режим работы наиболее эффективно обеспечивает ДВС. Если мощности двигателя не хватает для обеспечения движения (это может произойти при малом вращающем моменте в сравнении с моментом сопротивления), в работу включается электродвигатель. Если же имеется избыток мощности двигателя, она отводится с помощью контура рекуперации и запасается накопителем.

Ускорение также можно отнести к этапу движения робота. Разгон, как и начало движения, осуществляется в основном с помощью электродвигателя, при этом работа ДВС минимальна. При недостатке запасенной энергии или неспособности электродвигателя обеспечить необходимую мощность ДВС начинает вырабатывать дополнительную энергию, тем самым обеспечивая достаточную мощность для работы системы.

В данной установке используется рекуперативное торможение, при котором запасенная энергия преобразуется и передается в накопитель. Система гидравлического торможения также имеет место, если рекуперативное торможение обладает недостаточной эффективностью.

Оптимальное управление гибридной силовой установкой

Система автоматического управления гибридной силовой установки должна решать несколько задач:

- а) стабилизацию заданных режимов работы отдельных агрегатов, входящих в состав силовой установки, и обеспечение требуемого качества переходных процессов;
- б) распределение потоков энергии между основными агрегатами в зависимости от режимов работы установки, а также ее текущего состояния, управляющих и возмущающих воздействий;
- в) обеспечение интерфейса управляющего, имитирующего управление традиционным транспортным средством и в то же время обеспечивающего отображение текущего состояния и режима работы ГСУ.

В данной статье мы рассмотрим задачу оптимального распределения энергии таким образом, чтобы расход топлива сводился к минимуму при различных режимах работы гибридной силовой установки.

Основным двигателем ГСУ может быть бензиновый, дизельный либо газовый ДВС. В качестве вспомогательного применяют электродвигатель переменного или постоянного тока, пневматический двигатель и т. п. Контур рекуперации энергии состоит из генератора, инвертора, аккумулятора и др. для электродвигателя, или редуктора, компрессора, баллонов со сжатым воздухом и т. д. в случае для пневмодвигателя. Главный элемент ГСУ – распределитель мощности, который обеспечивает распределение потоков мощности между ходовой частью автомобиля, основным двигателем, вспомогательным двигателем и контуром рекуперации энергии.

Для слаженной и экономичной работы всей системы необходимо подобрать такое управление, чтобы расход топлива был минимален, а также каждая из частей установки не подвергалась чрезмерному износу. Оптимальное управление перераспределением потоков мощности оказывает решающее влияние на эффективность гибридной силовой установки.

Расход топлива на холостом ходу обычно составляет несколько процентов от общего объема топлива, используемого при небольших скоростях при предположении, что робот будет иметь достаточную маневренность. Преимущества start-stop режима позволяют сократить потребление топлива на 2,8 % в американском цикле и на 12 % в европейском цикле. Под start-stop режимом подразумевается полная остановка двигателя, но при этом он не работает на холостом ходу, когда не требуется движущая сила.

Двигатель обычной установки с одним источником энергии может быть остановлен на несколько секунд или на несколько минут, а двигатель в гибридной силовой установке работает только периодически. Во всех ситуациях, когда двигатель перезапускается, производительность будет зависеть от того, в каком состоянии двигатель находился во время остановки. Можно ожидать, что после кратковременной паузы двигатель будет вести себя так же, как при полном нагревании до остановки.

Наилучшая экономия топлива достигается, когда двигатель находится в полностью прогретом состоянии, а температура поверхности в системе сгорания и локальная температура масла на трущихся поверхностях на 10–40 выше стандартных значений температуры для термостатов охлаждающей жидкости. Во время прогрева двигателя после длительного периода отсутствия работы и во время охлаждения после выключения двигателя наиболее чувствительным к отклонениям температуры является коэффициент трения на трущихся поверхностях (при взаимодействии поршня и гильзы, а также коленчатого вала и клапанного механизма в сборе). Во время работы непрогретого двигателя потери на трение высоки из-за зависимости от вязкости масла, которая высока при низких температурах. Таким образом, выигрыш в экономии топлива при остановке двигателя будет уменьшен, если двигатель остынет, а потери на трение будут высокими после повторного запуска.

Прогрев двигателя обычно занимает несколько минут; температурное поле относительно температуры охлаждающей жидкости устанавливается за короткое время и увеличивается в целом по мере повышения температуры охлаждающей жидкости. Температура масла обычно отстает от других температур и является источником неэффективности. В гибридных силовых установках двигатель внутреннего сгорания может отключаться в широком интервале времени с соответственно более широкими колебаниями температуры.

Поскольку подход к оценке общей мощности двигательной установки в отличие от обычных транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания зависит от конфигурации привода и параметров системы, которая накапливает энергию, изначально использовались следующие условия:

а) мощность робота при торможении на горизонтальной плоскости $P_{трм}$ может быть выражена следующей формулой:

$$P_{трм} = k_m * m * a * V,$$

где k_m – коэффициент инерции вращения; m – масса установки; a – ускорение установки (или замедление); V – скорость установки. Для определения k_m можно воспользоваться графиком на рис. 2.

$$P_{\text{рек}} = k_m * m * a * V * \eta_{\text{рек}};$$

б) мощность, развиваемая при рекуперативном торможении $P_{\text{рек}}$, где k_m – коэффициент инерции вращения; m – масса установки; a – ускорение установки (или замедление); V – скорость установки; $\eta_{\text{рек}}$ – КПД при рекуперативном торможении (может быть определено как количество энергии, развиваемой при торможении до уменьшения скорости транспортного средства);

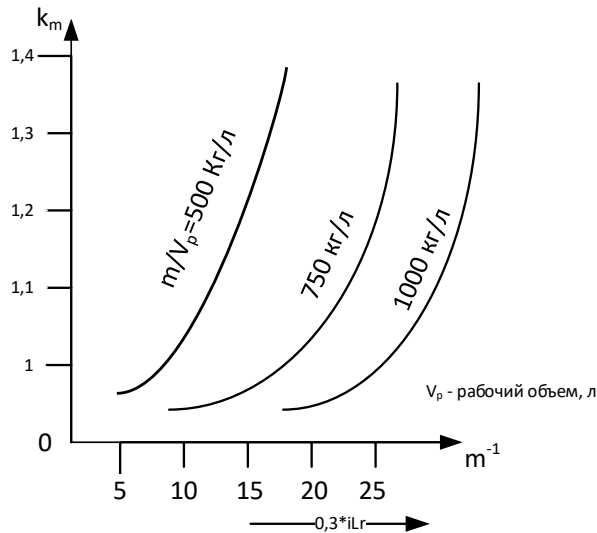


Рис. 2. Зависимость коэффициента инерции вращения

в) мощность рекуперативного торможения можно рассматривать как электрическую энергию, которая запасается в накопителе (в батарее):

$$P_{\text{рек}} = P_{\text{эл}} = I_{\text{бат}} * U_{\text{бат}},$$

где $P_{\text{эл}}$ – электрическая мощность, которую получает батарея; $I_{\text{бат}}$ – ток батареи; $U_{\text{бат}}$ – напряжение батареи. Коэффициент полезного действия при рекуперативном торможении можно оценить с помощью следующего уравнения:

$$\eta_{\text{рек}} = \frac{P_{\text{рек}}}{P_{\text{трм}}} = \frac{I_{\text{бат}} * U_{\text{бат}}}{k_m * m * a * V}.$$

Задача оптимального управления энергопотреблением в установке $u(t)$ состоит в нахождении элемента управления, который приводит к минимизации показателя эффективности за период времени Δt , соответствующий циклу движения или поездке; проблема связана с ограничениями, которые связаны с:

- а) физическими ограничениями приводов в энергии, запасенной в батарее;
- б) требованием поддерживать количество энергии в батарее в заданных пределах или отслеживать потребление этой энергии.

Различные подходы к решению задачи оптимизации предлагались на протяжении многих лет. В данной статье мы будем ссылаться на динамическое программирование (ДП) и принцип минимума Понтрягина (ПМП).

Оптимизация с помощью динамического программирования

Если цикл движения, представленный мгновенной скоростью транспортного средства во времени, $V(t)$ известен, можно представить решение в форме ДП. Например, найти последовательность входов батареи, которая минимизирует расход топлива на поездку, поддерживая при этом требуемое состояние заряда аккумулятора и соблюдая необходимую скорость установки.

В этой задаче на вход с помощью аккумулятора подается мощность в электрическую машину, а состояние заряда аккумулятора является единственным состоянием; все другие подсистемы (двигатель, электроприводы, трансмиссия и т. д.) моделируются с помощью квазистатических моделей эффективности, которые могут быть представлены алгебраическими уравнениями или зависимостями.

Требуемая скорость установки $V(t)$ преобразуется в запрос мощности ГСУ, $P_{\text{зап}}(t)$, зная характеристики нагрузки транспортного средства (аэродинамическое, инерционное, трение качения и трансмиссии, а также уклон дороги). В свою очередь мощность, необходимая для соответствия определенному количеству нагрузки, представляет собой сумму мощности, передаваемой двигателем внутреннего сгорания и электродвигателем $P_{\text{зап}}(t) = P_{\text{двс}}(t) + P_{\text{бат}}(t)$. Например, мы ищем управляющий вход $P_{\text{бат}}(t)$, который соответствует минимальному расходу топлива при доставке запрошенной мощности установки. Проблема состоит в физических ограничениях в приводах (максимальная и минимальная мощность, которые могут быть доставлены ДВС и ЭД), а также в требованиях к способу управления по поддержанию заряда.

На практике этот подход требует полной информации о запросе скорости установки, и ДП не является реализуемым при задаче управления потоками энергии.

Оптимизация по принципу минимума Понтрягина

Принцип минимума Понтрягина (ПМП) также может быть использован для решения проблемы управления энергией гибридной силовой установки. Если быстрой динамикой системы пренебрегают, то уравнение состояния

$$\dot{x}(t) = f(x, u, t) = -\frac{1}{C_{\text{бат}}} * I_{\text{бат}}(x, u, t)$$

где $\dot{x}$ – это состояние заряда; $C_{\text{бат}}$ – энергетическая емкость батареи; $I_{\text{бат}}$ – мгновенный ток батареи. Если входная мощность запрашивается от батареи, $P_{\text{бат}}(t)$, которая в свою очередь определяет запрос мощности двигателя, $P_{\text{двс}}(t)$, следовательно, расход топлива, то есть гамильтониан, может быть определен как

$$H(t, x, u, \lambda) = m_f + \lambda(t) \dot{x}(t),$$

где точка $\dot{f}$ определяется уравнением состояния, а мощность $P_{\text{бат}}(t)$, минимизированная в каждый момент времени, выражается уравнением

$$P^* = \lim_{P_{\text{бат}} \rightarrow \min} (H(x(t), P_{\text{бат}}(t), \lambda(t))).$$

Переменная совместного состояния, $\lambda(t)$, выражается как

$$\dot{\lambda} = -\lambda(t) \frac{\partial f(x(t), u(t))}{\partial x}.$$

Решение с помощью ПМП при условии, что совместное состояние изменяется во времени, удовлетворяет

$$H(t, x, u, \lambda) = m_f + \lambda(t) \dot{x}(t).$$

Решение ПМП также зависит от цикла, так как оптимальное начальное условие для совместного состояния зависит от цикла езды. Эта зависимость от цикла езды, выраженная ли она в виде эквивалентного расхода топлива или в качестве начального совместного состояния в решении ПМП, является неизбежным следствием того факта, что расход топлива установки сильно зависит от условий управления, которые влияют на нагрузку установки.

Динамическое программирование позволяет найти и исследовать особое свойство гибридной силовой установки – оптимальное управление. Оно не создается разработчиками непосредственно, а формируется схемой ГСУ, ее компонентным составом и самой установкой. Исследование оптимального управления выявляет пути создания оптимизированной стратегии, которая будет использована в реальной ГСУ. Критерии выбора могут быть различными. Все эти сочетания обеспечиваются только настройками системы управления ГСУ и могут быть выбраны проектировщиком [3].

Заключение

Широкое использование гибридных силовых установок при создании мобильных роботов является общей тенденцией, и в ближайшем будущем ГСУ будут становиться все совершенней и совершенней [4]. Благодаря применению ГСУ стало возможным использование всех плюсов каждой отдельно взятой силовой установки, но остается достаточно сложная проблема управления этой силовой установкой. Следовательно, управление гибридной силовой установкой является обширным предметом изучения для теоретиков и практиков оптимальным управлением (для управления энергопотреблением, износом батареи), гибридным управлением (для обеспечения управляемости), адаптивным и прогнозным управлением, а также предварительным расчетом. Кроме того, использование мобильных роботов на базе гибридных силовых установок представляет интересные возможности для интеграции в различные сферы производств, связанных с инфраструктурой электрических сетей и сетей связи. Динамическое программирование позволяет найти и исследовать особое свойство гибридной силовой установки – оптимальное управление. Оно не создается разработчиками непосредственно, а формируется схемой ГСУ, ее компонентным составом и самой установкой. Исследование оптимального управления выявляет пути создания оптимизированной стратегии, которая будет использована в реальной ГСУ. Критерии выбора могут быть различными. Все эти сочетания обеспечиваются только настройками системы управления ГСУ и могут быть выбраны проектировщиком.

Библиографический список

1. *Риццони Д.* Управление трансмиссией для гибридных силовых установок и электромобилей. URL:https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007_978-1-4471-5102-9_75-1#Equ4 (дата обращения: 14.07.2020).
2. *Сериков С. А.* Постановка задачи оптимального управления гибридной силовой установкой // Вестник ХНАДУ: сб. научн. трудов. Харьков: ХНАДУ, 2008. 6 с.
3. *Куликов И. А., Селифонов В. В., Филонов А. И.* Поиск оптимального управления гибридной силовой установкой автомобиля по критерию баланса его экологических и топливно-экономических свойств // Известия МГТУ «МАМИ», 2010. № 2 (10). С. 44–51.
4. *Приходский А. А., Выграновская А. В., Квас Е. С.* Гибридные силовые установки мобильных роботов // Завалишинские чтения: молодежная секция. СПб.: ГУАП, 2020. 7 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Абакумов М. В. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ЭЛЕКТРОПОГРУЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ.....	3
Абакумов Е. В. АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	8
Абрамов А. В. КРАНОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ. НАЗНАЧЕНИЕ, РАЗНОВИДНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ.....	13
Асфар Д. Б. КЛАССИФИКАЦИЯ МАНИПУЛЯТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ.....	18
Афанасьев В. Д. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ФИНАНСОВОМУ МОШЕННИЧЕСТВУ	22
Бабарыкин П. В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДАМИ ДЛЯ РОБОТОВ	26
Безруков А. А., Зайниева М. Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ	30
Безуглов И. О. БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	36
Белевич Д. В. МЕТОД НЕПРЕРЫВНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ.....	41
Беликов М. А. ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ	44
Белоусов П. П. СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ	48
Белошева Д. П. ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКА РОССИИ: ОБЗОР ОТРАСЛИ.....	51
Бельницкий А. Е. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВНЕДРЯЕМЫХ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКИ	54
Березкин К. С. БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА ...	58
Бескровная Л. С. АЛГОРИТМЫ DATA SCIENCE ДЛЯ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	64
Бобрышов А. П., Давудян А. У., Кузьменко В. П. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ	69
Богданов В. Д., Бурдин Р. А., Давудян А. У., Комендантов А. Ю. БЕСКОТАКТНАЯ ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ПОДВОДНОГО РОБОТА	73
Богданов В. Д., Бурдин Р. А., Давудян А. У., Комендантов А. Ю. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ И АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА	78
Большаков А. А. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСТОЧНИКА НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	83
Борзеев В. Н. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ.....	86
Борисенко М. Р. ДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ: ОТ ЭКЗОСКЕЛЕТА ДО АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ.....	89
Брезгун Е. К., Попова А. Ю. ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ	92
Булыгин А. А., Кузьменко Ю. П., Квас Е. С., Кузьменко В. П. ГИБРИДНЫЕ УСТАНОВКИ В РОБОТОТЕХНИКЕ	97
Васильев П. И.* , Резник Е. С.* НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	100
Васильева Е. В.*, Остапович О. С., Сергиенко А. Е., Шевырев А. В.* КОРРЕКТИРОВКА ПОЛОЖЕНИЯ РОЯ ДРОНОВ В ВОЗДУХЕ ПРИ ПОМОЩИ LIDAR.....	104

Венскель В. В. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОВЫМ КОТЛОМ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ	107
Верещагин Е. И. ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И СПОСОБЫ РАЗВЕДКИ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ	111
Габель В. Г. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС	116
Газизуллин Р. М. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ	122
Горбачук С. Ю. РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ В ВИРТУАЛЬНОМ АССИСТЕНТЕ	127
Григорьев Г. К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ	130
Дегтерев Д. В. ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	133
Емельянов С. Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СФЕРЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	140
Жеребко С. О. ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗОВ В РОБОТОТЕХНИКЕ	143
Зенин А. В. МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОБЫЧИ ГАЗА	146
Косухина А. А., Зива В. В. МЕТОД РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОПОР КАЧЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ	151
Зива Д. А. УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО	156
Зорина Е. О.* ПРОБЛЕМЫ ОТСУТСТВИЯ ТИПИЗАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЗАЩИТ	162
Иванов Н. Д. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДВЕСА	167
Исаков К. С., Павлюков Д. А. РАСЧЕТ ОКРУЖНЫХ, РАДИАЛЬНЫХ И АКСИАЛЬНЫХ УСИЛИЙ НА ВАЛ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА	170
Исаков К. С. АНАЛИЗ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ	174
Исаков К. С. АНАЛИЗ РЫНКА АДДИТИВНЫХ УСТАНОВОК	178
Исаков К. С. РЫНОК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ	184
Казаков А. А. «УМНЫЙ ДОМ» НА ПЛАТФОРМАХ RASPBERRYPI И ARDUINO, X10	191
Кареткин Н. О. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИНТЕГРАЦИЕЙ РАЗЛИЧНЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ	194
Карпов Е. И., Павлюков Д. А. РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИИ	198
Клишковский П. А. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МИРОВОГО ОКЕАНА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	202
Колесников И. В. АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ	205
Колосовская А. А. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ АУГМЕНТАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЯЗЫКА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ	209
Кононенко О. И., Сманцер А. С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	212
Корябин А. А. МЕДИЦИНСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА	216
Куделин А. С., Рысин А. В. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОБОТОТЕХНИКЕ	220
Кузьменко Ю. П., Кеас Е. С., Кузьменко В. П. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ	224

Научное издание

ЗАВАЛИШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ'2021

XVI Международная конференция
по электромеханике и робототехнике
14–17 апреля 2021 г.

Молодежная секция
Часть 1

Сборник докладов

ISBN: 978-5-8088-1617-6



9 785808 816176

Ответственные за выпуск:
доктор технических наук, профессор *В. Ф. Шишлаков*; *А. В. Статкевич*
Редактор *Е. В. Торопова*
Компьютерная верстка *С. Б. Мацапуры*

Подписано к печати 02.09.21. Формат 60х84 1/16.
Усл. печ. л. 13,4. Уч.-изд. л. 10,2. Тираж 150 экз. Заказ № 331.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 67