



А. П. БАРВИНСКИЙ  
Ф. Г. КОЗЛОВА

---

# **Электрооборудование самолетов**

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,  
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

**Допущено**

Управлением учебных  
заведений **МГА**  
в качестве учебника  
для средних специальных учебных  
заведений  
гражданской авиации



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1990

**Барвинский А. П., Козлова Ф. Г.** Электрооборудование самолетов: Учеб. для сред. спец. учеб. заведений — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Транспорт, 1990.— 320 с.

Изложены принципы построения и схемные решения систем электрооборудования самолетов. Описана работа систем энергоснабжения постоянным и переменным токами, а также электроавтоматики.

Рассмотрены устройство агрегатов, функциональные и принципиальные схемы систем запуска двигателей, 2-е изд. написано в соответствии с новой учебной программой, рассмотрено электрооборудование новых типов самолетов. 1-е изд. вышло в 1981 г.

Для курсантов авиационных технических училищ гражданской авиации, может быть использован инженерно-техническим составом. Ил. 102, табл. 8, библиогр. 9 назв.

**Рецензенты:** П. Г. Копылов, А. Г. Ребрей

**Заведующий редакцией** Л. В. Васильева

**Редактор** Г. Д. Журавлева

*Учебник*

*БАРВИНСКИЙ АНАТОЛИЯ ПЕТРОВИЧ  
КОЗЛОВА ФРИДА ГРИГОРЬЕВНА*

## **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ САМОЛЕТОВ**

Переплет художника *А. С. Абрамова*

Технический редактор *Л. Г. Дягилева*

Корректор-вычитчик *В. Н. Яговкина*

Корректор *М. В. Джалиашвили*

ИБ № 4141

---

Слано в набор 23.05.89. Подписано в печать 12.01.90. Т-00605. Формат 60×88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 19,6.  
Усл. кр.-отт. 19,6. Уч.-изд. л. 23,15. Тираж 7200 экз. Заказ 2218. Цена 1 руб.  
Изд. № 1-1-2/17-7 № 4756  
Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва. Басманный туп., ба

---

Московская типография № 4 при Государственном комитете СССР по печати  
129041, Москва, Б. Переславская ул., 46

Б 3206030000-048  
049 (01)-90 216-90

ISBN 5-277-00991-4

© Издательство «Транспорт», 1981  
© А. П. Барвинский, Ф. Г. Козлова, 1990

## ВВЕДЕНИЕ

Электрическую энергию на воздушных судах (ВС) применяют для приведения в действие системы запуска авиадвигателя, органов управления и специального оборудования, питания радиотехнических устройств, вычислительных и счетно-решающих машин, электрических пилотажно-навигационных систем и приборов, для наружного и внутреннего освещения и обогрева.

Электрооборудование современных ВС — сложный комплекс различных приборов, машин и устройств. Элементы электрооборудования обладают большой эксплуатационной надежностью, имеют высокие технические показатели и обеспечивают высокое качество работы, постоянно готовы к действию, удобны в установке и обслуживании, имеют сравнительно небольшую массу и габаритные размеры.

Идея широкого использования электроэнергии на ВС была выдвинута нашим соотечественником, выдающимся электротехником и изобретателем А. Н. Лодыгиным. В 1869 г. им был спроектирован электролет с приводом двух воздушных винтов от электродвигателя, питание которого предполагалось от специальных аккумуляторных батарей, предусматривалось и освещение в ночное время.

Создатель первого в мире самолета знаменитый русский изобретатель и ученый А. Ф. Можайский в 1879 г. предложил использовать энергию электрической искры для воспламенения горючей смеси в разработанном им авиадвигателе. Высокое напряжение, необходимое для искрового разряда, получалось с помощью индукционной катушки, питаемой от аккумуляторной батареи.

В 1913 г. на самолете «Илья Муромец» было установлено световое оборудование. Оно включало в себя лампы накаливания для освещения приборов внутри кабины и сигнальные огни на концах плоскостей для опознавания самолета, а также электрические бомбодержатели и радиостанцию.

Впоследствии на самолетах начали устанавливать фары для освещения взлетно-посадочной полосы. Установка светового оборудования позволила осуществить полеты в ночное время. В качестве источников электроэнергии начали применять генераторы переменного тока мощностью до 200 В·А с приводом от ветряного дви-

гателя, работающего от встречного потока воздуха или от вала авиадвигателя через ременную или цепную передачу, которые также использовались для питания искровых радиостанций. В разработке электрооборудования принимал участие член-корреспондент АН СССР В. П. Вологдин.

С первых дней Советской власти Коммунистическая партия и Советское правительство придавали большое значение созданию и развитию отечественной тяжелой промышленности. Создавалась и развивалась отечественная авиация.

В 1920 г. по декрету В. И. Ленина в Москве, на Ходынке, был создан научно-опытный аэродром, при котором был организован радиоэлектроотдел. В задачу этого отдела входили разработка и испытание новых образцов радио- и электрооборудования.

В том же году электроснабжение отечественных самолетов перешло на систему постоянного тока. Вначале напряжение постоянного тока было 8 В, но применение такого низкого напряжения приводило к необходимости иметь провод с большой площадью сечения и массой. Поэтому в 1923—1924 гг. напряжение бортовой сети было повышено до 12 В, в 1930 — до 24 В, в 1934 г. — до 27 В. В настоящее время номинальное напряжение генераторов постоянного тока равно 28,5 В.

В 1925—1926 гг. на самолетах стали широко использовать электрические приборы (тахометры, термометры, бензиномеры, газоанализаторы и др.) для измерения неэлектрических величин.

В 1934 г. на самолете «Максим Горький» конструкции А. Н. Туполева впервые был широко применен трехфазный переменный ток.

Переломным этапом в развитии электрификации самолетов явилось создание в Советском Союзе в 1939 г. самолета Пе-2 конструкции В. М. Петлякова. На этом самолете впервые в истории авиации были установлены электромеханизмы для привода шасси, стабилизатора, посадочных щитков, управления триммерами (аналогичное оборудование на самолетах США, Англии и Германии начали использовать спустя 3 года после создания самолета Пе-2). Дальнейшее развитие авиационной техники привело к значительному увеличению на ВС числа потребителей электроэнергии.

В связи с увеличением количества и мощности потребителей электроэнергии на самолете производство, передача, распределение и преобразование электрической энергии значительно усложнились. Интенсивное развитие реактивной авиации потребовало внедрения ряда специальных электромашин и аппаратов. На самолетах с газотурбинными двигателями в гораздо больших размерах стали применять автоматику на основе широкого использования электрической энергии.

С рейса самолета Ту-104 15 сентября 1956 г. по трассе Москва — Иркутск началась эксплуатация реактивных самолетов, которые обладали большими скоростями, дальностью и высотой полета. Большая мощность их электросистем привела к полной пере-

стройке систем электроснабжения. Для тяжелых реактивных самолетов в качестве основного был принят переменный трехфазный ток 208/120 В частотой 400 Гц, разработаны новые бесконтактные генераторы трехфазного переменного тока серии ГТ. Новые системы электроснабжения были усовершенствованы и применены на самолетах Ил-62М, Ту-154Б, Як-42, а затем и на других самолетах конструкторов С. В. Ильюшина, А. Н. Туполева и А. С. Яковлева.

Большой вклад в теоретическое обоснование конструктивных решений при разработке теории авиационного электрооборудования внесли А. И. Бертинов, Д. Э. Брускин, М. М. Красношапка, Н. Т. Коробан, А. Н. Ларионов, В. Т. Морозовский, В. Д. Ногорский, К. Д. Рунов, И. М. Синдеев, В. С. Кулебакин. Разработка электроагрегатов и систем электроснабжения производилась под руководством Ф. И. Голгофского, Б. Н. Калугина, Л. Б. Кербера, Л. Л. Кербера, В. П. Островского, Д. С. Маркова и других видных ученых.

Аэрофлот располагает мощным производственным и научным потенциалом, имеет широко разветвленную сеть аэропортов и воздушных трасс, на которых эксплуатируются современные высококомфортабельные самолеты. Ускоренными темпами воздушный транспорт развивается в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока, где выполняется сегодня третья часть всех авиаперевозок. Новые воздушные мосты будут проложены к многочисленным строительным площадкам на Северо-Востоке страны, где будут осуществляться крупные работы.

Для дальнейшего развития пассажирских перевозок воздушным транспортом, повышения их эффективности и качества необходимо пополнение и дальнейшее совершенствование существующего самолетного парка с введением в эксплуатацию новых машин с улучшенными аэродинамическими качествами, конструктивными и весовыми характеристиками. Планируется начать эксплуатацию новых высокоэффективных магистральных пассажирских самолетов Ил-96-300, ТУ-204 и др. Для местных воздушных линий разрабатываются пассажирские самолеты Ил-114 и Л-610. Оба эти самолета превзойдут по топливной эффективности и другим технико-экономическим характеристикам эксплуатирующиеся в настоящее время самолеты Ан-24, Як-40.

В ближайшие годы на воздушном транспорте предстоит существенно повысить техническую оснащенность основных аэропортов, обеспечить выполнение мероприятий, способствующих повышению регулярности полетов. Одним из важнейших мероприятий, повышающих регулярность и безопасность полетов, будет дальнейшее широкое внедрение новейших бортовых и наземных систем навигационного и радиотехнического оборудования, обеспечивающих автоматизацию управления воздушным движением, взлетом и посадкой самолета. Автоматизация управления полетами, а также применение перспективных пилотажно-навигационных комплексов на

борту самолета позволят обеспечить автоматический полет от взлета до посадки, в том числе в сложных метеоусловиях. Воздушным транспортом уже сегодня делаются уверенные шаги для повышения эффективности грузовых перевозок, увеличения их объемов. Расширяется сфера применения новых транспортных средств для перевозок грузов, ускоряется развитие контейнерных перевозок самолетом Ан-26, Ил-76, Ту-154С и вертолетами Ми-26 и Ка-32.

Электрооборудование ВС по назначению отделимо его элементов подразделяют на три основные группы: 1) источники, преобразователи электроэнергии и их пускорегулирующие устройства; 2) системы передачи и распределения электроэнергии; 3) потребители электроэнергии.

В первую группу входят: генераторы постоянного и переменного токов; химические источники тока; преобразователи электрической энергии; выпрямители, трансформаторы, умножители напряжения и другие устройства; устройства для защиты генераторов от перенапряжений, перегрузок и обратных токов; устройства, обеспечивающие равномерное распределение активных и реактивных мощностей между параллельно работающими генераторами; регулирующая аппаратура, в которую входят регуляторы напряжения и частоты.

Состав второй группы включает в себя: электрическую сеть (различные провода и жгуты); аппаратуру управления, защиты и коммутации; аппаратуру распределительных устройств; монтажно-установочное оборудование (разъемы, распределительные устройства, пульта и др.); контрольно-измерительную аппаратуру.

В третью группу входят: осветительные и светосигнальные устройства; электропривод (электродвигатели, электромагниты и другие устройства, предназначенные для приведения в действие различных исполнительных механизмов ВС); противообледенительные и обогревательные устройства, холодильные установки; пусковые устройства для запуска авиационных двигателей; установки автоматического управления, вычислительные машины; средства связи и радиоаппаратура (навигационная и локационная); аппаратура аэрофотосъемки; электроприборы; системы электрозажигания.

Бортовые системы электроснабжения ВС разделяются на первичные, вторичные и резервные (аварийные). Система электроснабжения называется первичной, если генераторы приводятся во вращение маршевыми двигателями, вторичной—если электрическая энергия в ней получается преобразованием электрической энергии первичной системы. Резервной (аварийной) системой электроснабжения называется такая, в которой электрическая энергия получается от резервных источников; аккумуляторных батарей, генератора с приводом от вспомогательной силовой установки или ветряного двигателя.

Системы электроснабжения разделяются на следующие виды: постоянного тока; переменного трехфазного (однофазного) тока

постоянной частоты; переменного трехфазного (однофазного) тока переменной частоты. Выбор той или иной системы обусловлен многими факторами: назначением ВС, требованиями к качеству электрической энергии, требованиям по надежности, удобством эксплуатации, технико-экономическими показателями и др.

Наименование системы электроснабжения присваивается по виду первичной системы. В настоящее время в качестве типовых систем электроснабжения приняты: система трехфазного переменного тока постоянной частоты с номинальным напряжением  $U = 200/115$  В и номинальной частотой  $f = 400$  Гц. В качестве вторичной системы при этом используется система постоянного тока с  $U = 27$  В. На многих типах самолетов используется вторичная система трехфазного переменного тока  $U = 36$  В и  $f = 400$  Гц и первичная система постоянного тока с  $U = 27$  В. На ВС, эксплуатируемых в гражданской авиации, применяют системы электроснабжения, работающие как на постоянном, так и на переменном токах.

Применение системы постоянного тока обусловлено следующими преимуществами:

- генераторы постоянного тока в полете подзаряжают бортовые аккумуляторные батареи и создают резерв электроэнергии;

- при изменении частоты вращения вала авиационного двигателя легко регулировать постоянство напряжения генераторов;

- параллельная работа генераторов проста.

Недостатками системы постоянного тока являются следующие: электроэнергию постоянного тока одного напряжения трудно преобразовать в электроэнергию постоянного тока другого напряжения;

- при однопроводной сети ВС протекание постоянного тока вызывает коррозию.

К основным преимуществам переменного тока можно отнести:

- легкость трансформации напряжения;

- простоту устройств и обслуживания электромашин переменного тока из-за отсутствия коллектора;

- генераторы и двигатели переменного тока повышенной частоты дешевле, компактнее и легче машин постоянного тока;

- отсутствие электролиза, а следовательно, коррозии металлических частей ВС в случае однопроводной сети;

- простоту преобразования электроэнергии переменного тока в электроэнергию постоянного тока с помощью кремниевых диодов.

Недостатками энергии переменного тока являются:

- необходимость иметь привод, обеспечивающий постоянную частоту вращения генератора для получения стабильной частоты;

- невозможность использования аккумуляторных батарей в качестве резервного источника питания;

- необходимость наличия генератора со специальным приводом, питающего бортовую сеть ВС при неработающих двигателях.

Специфичность условий эксплуатации, а также важность и сложность функций, выполняемых всем комплексом электрооборудования ВС, обуславливают высокие тактико-технические требования, предъявляемые к нему. Основными из них являются:

надежность и безотказность работы в различных условиях полета;

минимальная масса и габаритные размеры без ущерба надежности работы и при удобстве эксплуатации;

высокая механическая прочность (кроме обычных требований, к электрооборудованию ВС предъявляют дополнительные требования — устойчивость против вибраций. Считается, что элементы электрооборудования должны выдерживать динамические нагрузки, создаваемые ускорениями до 15 g);

высокая электрическая прочность (она определяется в основном требованиями к изоляции, а также к допустимым расстояниям между токоведущими частями и металлической массой по поверхности изоляции и по воздуху). Электрическая прочность характеризуется значением напряжения (для проводов — 300 В, генераторов — 1000 В, для электродвигателей, коммутационной аппаратуры, установок обогрева — 500 В) и сопротивлением изоляции (оно должно быть в пределах от 1 до 5 МОм в зависимости от назначения элемента);

высокая термическая прочность (для нее установлены допустимые перегревы над температурой окружающей среды от  $-60$  до  $+80$  °С при нормальном атмосферном давлении). Значения перегрузок определяют в зависимости от рода, назначения и характера работы оборудования. Кроме того, провода и коммутационная аппаратура, длительно работающие, должны выдерживать 200% перегрузки в течение 5 мин за 2 ч работы, электродвигатели и аппаратура, работающие в повторно-кратковременном режиме — 100%-ную нагрузку при удлиннном вдвое рабочем периоде, лампы и фары — напряжение 115% номинального в течение 5 мин (лампы) и 1 мин (фары);

высокая химическая стойкость, предусматривающая в основном уменьшение коррозии металлических частей под действием влаги, паров топлива и масла (поскольку пары топлива и масла вредно влияют на изоляцию, ее изготавливают из материалов, устойчивых к ним);

удобство в обращении, безопасность в отношении пожара и взрыва;

независимость работы электрооборудования от положения ВС в пространстве, скорости полета и ускорений;

независимость работы электрооборудования от изменения параметров окружающей среды;

простота ухода и эксплуатации;

относительно низкая стоимость.

Анализ тенденций развития систем электроснабжения отечественных и зарубежных самолетов гражданской авиации показывает, что установленная мощность источников электрической энергии в ближайшее десятилетие достигнет 250—300 кВ·А. В качестве первичной системы на основных типах самолетов будет использоваться система переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В частотой 400 Гц. Источниками энергии останутся бесконтактные генераторы с вращающимися выпрямителями, дополненные жидкостными (масляными) системами охлаждения, которые работают по замкнутой схеме.

Одним из перспективных путей уменьшения массы системы энергоснабжения (СЭС) является использование так называемого интегрального привода генератора, а в дальнейшем и генераторов, встроенных в авиадвигатели. Уже сейчас удельная масса лучших образцов интегральных приводов составляет 0,54 кг/(кВ·А), среднее время безотказной работы достигает 12 000—14 000 ч. В системах переменного тока со статическими преобразователями генератор переменного тока переменной частоты 1200—3200 Гц и статический преобразователь конструктивно объединены в одном корпусе (интегральная конструкция), что позволяет интенсивно охлаждать преобразователь и стабилизировать выходное напряжение по каждой фазе в отдельности.

Для самолетов с установленной мощностью 400—500 кВ·А возможен переход на системы трехфазного переменного тока постоянной частоты 400 Гц с напряжением 400/230 В, что позволит использовать в системе распределения электрической энергии провода меньшего сечения.

Создание бесконтактных генераторов постоянного тока с напряжением до 300 В и мощностью до 60 кВ·А не вызывает особых технических трудностей. Сложнее обстоит дело с созданием бесконтактных двигателей постоянного тока на 30 кВт и полупроводниковых коммутационных аппаратов на токи в сотни ампер и с допустимыми массовыми и габаритными показателями. При разработке электрических двигателей большое внимание уделяется использованию постоянных магнитов из самарий-кобальта. Разработка бесконтактной коммутационной аппаратуры связана с использованием тиристоров (уже имеются тиристоры на токи в несколько тысяч ампер) и главным образом полевых транзисторов. Применение СЭС постоянного тока повышенного напряжения позволит снизить массу сети на 70%.

Для повышения надежности электромашинного привода в таких системах можно использовать трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, управлять которыми будут тиристорные преобразователи постоянного тока в переменный регулируемой частоты и напряжения (для частотного управления двигателями). Появление электромеханического привода в системах управления полетом и работой авиадвигателя, широкое ис-

пользование электронных управляющих систем и необходимость их бесперебойного энергоснабжения, интеграция всех систем управления ВС, необходимость их работы в реальном масштабе времени требуют на порядок более высокого быстродействия, чем могут обеспечить существующие проводные мультиплексные линии связи. Единственным выходом является использование для передачи управляющих сигналов волоконно-оптических линий связи. Интенсивное развитие таких систем обусловлено большой пропускной способностью оптических линий, высокой скоростью распространения сигналов, устойчивой работой в условиях помех. Другими важными свойствами являются пожаробезопасность (так как в оптических линиях невозможно короткое замыкание), отсутствие электромагнитных излучений во внешнюю среду, а следовательно, высокая степень электромагнитной совместимости с бортовым оборудованием. Применение волоконно-оптических линий в системах управления позволит почти в 10 раз уменьшить массу, объем, а также сократить стоимость системы передачи информации при значительно более высокой надежности информационного обмена между системами.

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ САМОЛЕТОВ

### Глава 1

#### САМОЛЕТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

##### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Генераторы являются основными источниками электроэнергии на самолете. Мощность отдельных генераторов и их количество зависят от типа самолета. Серию самолетных генераторов СТГ используют и для раскрутки вала турбореактивного двигателя при запуске (поэтому эти генераторы называются стартер-генераторами).

Авиационные генераторы постоянного тока допускают полукратную перегрузку в течение 1—2 мин и двукратную перегрузку в течение 10 с с перерывом 1 ч. Они рассчитаны на нормальную работу при температуре окружающего воздуха от  $-60$  до  $+60$  °С и относительной влажности атмосферы 98%.

К самолетным генераторам постоянного тока предъявляют ряд специфических требований: максимальная надежность, высокая прочность, минимальные масса и габаритные размеры. Для достижения максимальной надежности и высокой прочности применяют теплостойкие изоляционные материалы, такие как стеклослюдинит, эпоксидный компаунд. Для сохранения магнитных свойств генератора в условиях высоких температур используют специальные теплопрочные магнитные материалы (например, железокобальтовый листовый материал с высокой магнитной проницаемостью).

Массу авиационных генераторов снижают за счет повышенных электрических и тепловых нагрузок, а также повышенных частот вращения. Плотность тока в якорных обмотках таких генераторов доходит до  $15—20$  А/мм<sup>2</sup>, а линейная нагрузка (нагрузка на единицу длины окружности якоря) — до  $200—400$  А/см (у промышленных генераторов той же мощности плотность тока в якорных обмотках  $3—8$  А/мм<sup>2</sup>).

С увеличением линейной нагрузки ухудшается коммутация генератора, увеличивается реакция якоря, растут потери и нагрев обмотки якоря. Коммутацию в генераторах улучшают установкой дополнительных полюсов и компенсационной обмотки. Для предотвращения перегрева отдельных частей генератора выше допустимых температур ( $185$  °С — коллектор,  $175$  °С — якорь,  $105$  °С — обмотка возбуждения) необходимо интенсивное охлаждение его внутренних полостей встречным потоком воздуха. Для этой цели

на генератор со стороны коллектора насаживают патрубок, который соединяют шлангом с воздухозаборником, находящимся во встречном потоке. При работе без продува генераторы могут отдавать мощность, не перегреваясь выше нормы, только 20—30% от номинальной.

Для уменьшения массы и габаритных размеров генераторов повышают рабочие частоты вращения, которые составляют от 4000 до 9000 мин<sup>-1</sup> (для наземных генераторов той же мощности рабочие частоты вращения 1500—3000 мин<sup>-1</sup>).

При работе на земле поверхность коллекторных пластин покрывается тончайшей (0,05—0,06 мкм) пленкой, состоящей из двух слоев: окиси меди и графита (политура), что является естественным смазывающим слоем между щеткой и коллектором. На высоте воздух разряжен, и здесь из-за малого содержания кислорода и влаги такой слой не образуется. Чтобы предотвратить чрезмерный износ щеток в высотных условиях, искусственно создают смазывающий слой между щеткой и коллектором. Для этого медно-графитные щетки, применяемые в авиационных генераторах, пропитывают веществами, создающими смазывающий слой (например, различными коллоидными соединениями).

Привод генераторов на всех самолетах осуществляется от авиадвигателя через редуктор с постоянным передаточным отношением. На самолете Ту-134А генераторы ГС-18ТО вращаются от авиадвигателей, а генератор ГС-12ТО — от газотурбинного двигателя ТА-8 вспомогательной силовой установки (ВСУ).

## 1.2. НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГЕНЕРАТОРОВ

Генератор ГС-12ТО устанавливается на газотурбинных двигателях ТА-6А, -8. Он предназначен для питания бортсети постоянным током на земле и на высотах полета до 3000 м (генераторный режим), а также для запуска и холодной прокрутки газотурбинного двигателя (стартерный режим).

Расшифровка обозначения: Г — генератор, С — самолетный, 12\* — мощность (в кВт), Т — теплостойкое исполнение, О — с принудительным охлаждением.

### Основные технические данные

#### *Генераторный режим*

Напряжение, В	28,5
Мощность, кВт	12
Сила тока нагрузки, А	400

\* Здесь и далее приведены номинальные данные, за исключением специально оговоренных.

Частота вращения якоря, $\text{мин}^{-1}$ . . . . .	5680—7000
Режим работы . . . . .	длительный
<b>Максимально допустимая сила тока, А:</b>	
в полете при частоте вращения не менее:	
5000 $\text{мин}^{-1}$ в течение 1 мин . . . . .	600
5000 $\text{мин}^{-1}$ » » 10 с . . . . .	800
на земле в течение 20 мин . . . . .	200

**Стартерный режим**

Напряжение, В . . . . .	20—30
Потребляемая сила тока, А . . . . .	600
Пиковое значение тока, А . . . . .	2500
Частота вращения выходного вала в момент отключения, $\text{мин}^{-1}$ . . . . .	3000
Режим работы . . . . .	повторно-кратковременный
Масса, кг . . . . .	31,2

Генератор состоит из корпуса с полюсами и обмотками, якоря с коллектором, коллекторного щита, щита со стороны привода и защитной ленты.

Корпус стальной и является магнитопроводом. К нему прикреплены шесть основных и шесть дополнительных полюсов с обмотками. Основные полюса набраны из листовой электротехнической стали и имеют в полюсных наконечниках пазы для закладки компенсационной обмотки, дополнительные — цельные, выполнены также из электротехнической стали. На основных полюсах расположена шунтовая обмотка возбуждения (ОВ) (рис. 1.1), на дополнительных — обмотка дополнительных полюсов (ОДП).

Компенсационная обмотка (КО) выполняет следующие функции:

- обеспечивает постоянство магнитного поля в воздушном зазоре при переходе генератора (G) с режима холодного хода на режим нагрузки, т. е. компенсирует реакцию якоря и способствует повышению перегрузочной способности генератора, а также улучшает условия коммутации тока;

- устраняет явление перемагничивания полюсов при повышенных частотах вращения;

- позволяет уменьшить размеры обмотки возбуждения и снизить ток обмотки возбуждения;

- обеспечивает устойчивость работы генератора при повышенных частотах вращения и малых нагрузках;

- дает возможность увеличить линейную нагрузку и окружную скорость генератора.

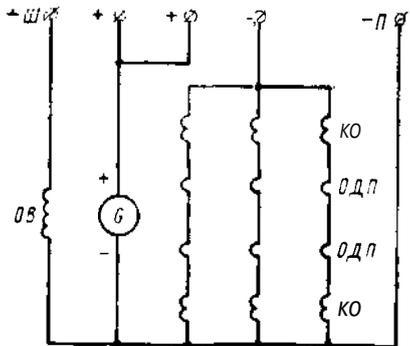


Рис. 1.1. Принципиальная электрическая схема генераторов ГС-12ТО

Обмотка дополнительных полюсов создает магнитное поле, которое воздействует на поле якоря, нескомпенсированное компенсационной обмоткой. Применение дополнительных полюсов и компенсационной обмотки позволяет повысить линейную нагрузку, уменьшить массу и габаритные размеры генератора, повысить его надежность.

Чтобы компенсация выполнялась при любой нагрузке и была пропорциональна ей, а следовательно, пропорциональна реакции якоря, компенсационную обмотку и обмотку дополнительных полюсов соединяет последовательно между собой и с обмоткой якоря таким образом, чтобы их магнитодвижущая сила (МДС) была направлена встречно с МДС обмотки якоря. Один конец обмотки дополнительных полюсов и компенсационной обмотки подсоединен к щеткодержателям, а другой выведен на выводную колодку к выводу «—».

Пакет якоря набран из отдельных, изолированных друг от друга листов электротехнической стали и запрессован на стальную втулку. В пазы якоря заложена обмотка петлевого типа. Концы секций обмотки припаяны к пластинам коллектора тугоплавким припоем. В петлевой обмотке в связи с возможной магнитной асимметрией могут возникать уравнивающие токи, ухудшающие коммутацию машины и увеличивающие потери в обмотке якоря. Для предотвращения этого явления в генераторе применяют уравнивательные соединения. Коллектор набран из 102 пластин хромовой бронзы, изолированных друг от друга слюдяными прокладками.

Якорь генератора имеет полый и гибкий валы, изготовленные из высокопрочной стали. Гибкий вал присоединен к полуму валу с помощью шлицевого сочленения и гайки. Выходной конец гибкого вала выполнен со шлицами эвольвентного профиля. Такая конструкция вала:

предохраняет редуктор газотурбинного двигателя ТА-6А (ТА-8) от разрушения в случае заклинивания подшипника генератора;

снижает нагрузку на подшипники при несоосном соединении генератора с приводом газотурбинного двигателя ТА-6А (ТА-8);

снижает динамические нагрузки на якорь, возникающие при изменении частоты вращения газотурбинного двигателя.

Со стороны привода на полый вал насажен алюминиевый вентилятор турбинного типа.

Коллекторный щит выполнен из **алюминиевого** сплава. Щит прикреплен к корпусу генератора болтами. На внутренней поверхности щита размещены шесть латунных щеткодержателей с тремя гнездами у каждого для установки щеток МГС-7. Щетки соединены между собой с помощью щеточных канатиков и общей контактной пластиной. Давление на щетку осуществляет спиральная пружина с усилием 8,33—9,8 Н. Размер щеток 9х20х26,5 мм. Чтобы избежать ослабления контакта между щетками и поверх-

ностью коллектора, в авиационных генераторах применяют щеткодержатели реактивного типа. В нем щетка установлена наклонно по отношению к коллектору.

На коллекторном щите установлена выводная панель с пятью выводами: «+» и «—» (силовые), III (вывод обмотки возбуждения); «+» (соединен с соответствующей силовой клеммой); —II (соединен с минусовой шиной щеткодержателя).

Щит со стороны привода изготовлен из стали и прикреплен к корпусу генератора. С внутренней стороны к щиту прикреплен специальный кожух для защиты от попадания через вентиляционные окна во внутреннюю полость генератора посторонних предметов. На боковой поверхности щита имеются окна для выхода охлаждающего воздуха. Щит имеет фланец для присоединения генератора к редуктору газотурбинного двигателя.

Защитная лента служит для прикрытия окон в коллекторном щите. С внутренней стороны к ленте прикреплена прокладка из стеклотекстолита для изоляции щеточных канатиков от защитной ленты. Защитную ленту затягивают с помощью двух болтов и валиков. Лента по ширине перекрывает окна не полностью, оставляя отверстия, через которые часть охлаждающего воздуха выходит наружу. При сборке генератора разъем защитной ленты располагают по ребрам щита для исключения замыкания ленты и щеточных канатиков.

В генераторе применено принудительное охлаждение воздухом, отбираемым от компрессора двигателя. Воздух из входного патрубка направляется двумя потоками: один проходит по каналам внутри коллектора и якоря и выходит наружу через окна в щите, другой — над коллектором по межполюсному пространству и выходит наружу через окна в щите. Сечение межполюсного пространства небольшое. Поэтому воздух, охлаждающий коллектор снаружи, выходит частично через щели между защитной лентой и щитом, в котором для этой цели имеются специальные скосы, и через них выдувает щеточную пыль. При работе в наземных условиях генератор охлаждается вентилятором, насаженным на вал якоря. Расход воздуха в полете должен быть не менее 160—185 л/с.

Генератор ГС-18ТО получает вращение от двигателя Д-30 2-й серии (самолет Ту-134А) и питает бортовую сеть постоянным током.

### Основные технические данные

Напряжение, В	28,5
Мощность, кВт	18
Сила тока нагрузки, А	600
Максимально допустимая сила тока, А:	
в полете в течение:	
10 с при частоте вращения не менее 8610 мин <sup>-1</sup>	1200
1 мин на всех режимах работы авиадвигателя	900
30 мин при частоте вращения не менее 8610 мин <sup>-1</sup>	750
при работе на земле в течение 20 мин.	300

Генератор ГС-18ТО — шестиполюсная машина постоянного тока шунтового возбуждения с шестью дополнительными полюсами, обеспечивающими безыскровую коммутацию генератора. Его устройство и электрическая схема аналогичны устройству и электрической схеме генератора ГС-12ТО, но он работает только в генераторном режиме. В генераторе использовано 18 щеток МГС-7И (по 3 шт. в щеткодержателе) размерами 10X20x27 мм. Усилие нажатия на щетку 8,33—9,8 Н.

### 1.3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В процессе эксплуатации: удаляют с генератора грязь, масло и пыль; осматривают целостность контрвоек винтов и болтов; проверяют затяжку клеммовых гаек, прочность крепления генератора на двигателе; осматривают состояние коллектора, щеток и замеряют их высоту. Для проверки состояния щеток и коллектора снимают с генератора защитную ленту, предварительно удалив грязь, масло и пыль.

У генератора ГС-12ТО минимально допустимая высота щетки 18 мм, у генератора ГС-18ТО — 20 мм. Если значения высоты щетки меньше, ее заменяют щеткой той же марки и тщательно притирают к коллектору мелкой стеклянной бумагой. Применять для притирки наждачную шкурку *ЗАПРЕЩАЕТСЯ*, так как мелкие частицы наждака, попадая на притертую поверхность щеток, вызывают быстрый износ коллектора, нарушают щеточный контакт и могут служить причиной преждевременного выхода генератора из строя.

Щетки притирают в такой последовательности. Полоску шлифовальной шкурки с абразивным слоем из стекла шириной, равной ширине коллектора, наворачивают (по вращению якоря) на коллектор порошком вверх так чтобы она охватывала всю наружную поверхность коллектора. При этом все щетки должны быть подняты. Устанавливают все щетки в обоймы щеткодержателей и опускают на щетки пружины. После этого рукоятку, надетую на шлицевой валик генератора, вращают (с бумагой на коллекторе) против часовой стрелки (смотреть со стороны привода) до тех пор, пока щетки будут полностью прилегать к коллектору по радиусу (щетками, подлежащими замене, вынимаются из своих гнезд).

Во время притирки нельзя допускать уменьшения высоты их более чем на 0,5—0,6 мм. По окончании притирки щеток их вынимают из щеткодержателей и генератор тщательно продувают от щеточной пыли чистым сжатым воздухом (давление не выше 0,2 МПа) через окна в шите. Струю воздуха направляют так, чтобы щеточная пыль выдувалась из генератора. После притирки

щетки шлифуют при работе генератора в двигательном режиме на холостом ходу при напряжении не более 15 В. Шлифовка считается законченной, если рабочая поверхность щетки имеет не менее 70—80% блестящей (зеркальной) поверхности.

Периодичность выполнения указанных работ определяет технологические указания по выполнению регламентных работ.

### Вопросы для самоконтроля

1. Из каких основных деталей и узлов состоит генератор ГС-12ТО и их назначение?
2. Почему в генераторе ГС-12ТО щетки устанавливаются под углом в 30° к радиусу коллектора?
3. Как осуществляется охлаждение генераторов ГС-12ТО, ГС-18ТО?
4. Для чего предназначены дополнительные полюса и как включены их обмотки?
5. Каковы технические данные генераторов ГС-12ТО и ГС-18ТО?
6. Какие типы обмоток якоря применены в генераторах ГС-12ТО, ГС-18ТО?
7. Сколько основных и дополнительных полюсов в генераторе ГС-12ТО?
8. На каких самолетах и как устанавливаются генераторы ГС-12ТО, ГС-18ТО?
9. Каковы характерные неисправности самолетных генераторов постоянного тока и способы их устранения?
10. Зачем установлены гибкий (торсион) и полый валы?
11. Каково назначение вывода на клеммной панели — П генератора ГС-12ТО?

## Глава 2

### РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ САМОЛЕТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

#### 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для нормальной работы самолетных потребителей напряжение, подводимое к их зажимам, должно иметь постоянное значение, равное номинальному. Частота вращения якоря и нагрузка генератора не остаются постоянными, причем частота вращения якоря генератора изменяется вследствие того, что частота вращения вала авиадвигателя, от которого он приводится во вращение, при различных режимах изменяется. Ток же в обмотке якоря генератора изменяется в зависимости от нагрузки.

Напряжение генератора

$$U = E - I_{\text{я}} R_{\text{я}} \text{ или } (U = C_e \Phi n - I_{\text{я}} R_{\text{я}}) \quad (2.1)$$

где  $E$  — ЭДС генератора;  $I_{\text{я}}$  — ток в обмотке якоря генератора;  $R_{\text{я}}$  — сопротивление обмотки якоря генератора;  $C_e$  — постоянный коэффициент;  $\Phi$  — магнитный поток полюсов;  $n$  — частота вращения якоря генератора.

Из формулы (2.1) видно, что при изменении тока нагрузки и частоты вращения якоря генератора его напряжение изменяется. ЭДС генератора при минимальной частоте вращения якоря и без

нагрузки равна 31 В, при максимальной частоте вращения — 80—100 В т. е. при изменении частоты вращения от минимальной до максимальной ЭДС изменяется до 300%.

Внешняя характеристика генератора представляет собой график зависимости напряжения генератора от тока нагрузки при постоянной частоте вращения якоря и постоянном сопротивлении  $R_B$  цепи возбуждения:  $U = f(I_A)$  при  $n = \text{const}$  и  $R_B = \text{const}$ .

Напряжение генератора при изменении нагрузки меняется вследствие следующих причин:

при увеличении тока нагрузки ( $I_A$ ) возрастает ток якоря генератора и, следовательно, увеличивается  $I_A R_A$ , т. е. падение напряжения на обмотке якоря и напряжение генератора уменьшаются;

ток возбуждения генератора  $I_B = U_B / R_B$  при уменьшении напряжения снижается, и, следовательно, уменьшается магнитный поток, что приводит к уменьшению напряжения;

с увеличением нагрузки растет реакция якоря, что приводит к уменьшению магнитного потока и напряжения генератора.

Для поддержания напряжения постоянным при различных условиях работы генератора необходимо его регулировать. Регулятор напряжения — устройство, автоматически поддерживающее напряжение генератора на определенном уровне независимо от изменения частоты вращения якоря (от минимально допустимой до максимально допустимой) и нагрузки (от нуля до номинальной), а также обеспечивающее автоматическое распределение нагрузки между параллельно работающими генераторами.

## 2.2. УГОЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПЯЖЕНИЯ РН-180 2-й СЕРИИ

Регулятор РН-180 2-й серии предназначен для автоматического поддержания в заданных пределах напряжения самолетного генератора постоянного тока при изменении его нагрузки и частоты вращения якоря в рабочем диапазоне, а также равномерного распределения нагрузки между параллельно работающими генераторами.

Расшифровка обозначения: Р — регулятор, Н — напряжение, 180 — мощность рассеивания угольным столбом (в Вт).

### Основные технические данные

Поддерживаемое напряжение, В	28,5
Мощность рассеивания угольным столбом, Вт	180
Сила тока, потребляемая рабочей обмоткой регулятора, А	0,87
Режим работы	длительный
Изменение напряжения генератора, поддерживаемое регулятором в процессе его работы, В, не более	3
Изменение уровня напряжения генератора, обеспечиваемого выносным резистором ВС-25Б, В	$\pm 1,5$
Масса, кг	2,5

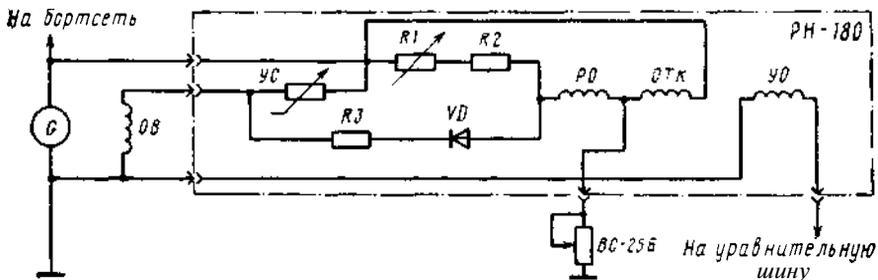


Рис. 2.1. Принципиальная электрическая схема РН-180 2-й серии

Данный регулятор является электромагнитным регулятором реостатного типа с плавным изменением сопротивления угольного столба. Его основные части: собственно регулятор, подставка с амортизаторами, основание, три резистора, колодка с германиевым диодом, штепсельный разъем.

В состав собственно регулятора входит: угольный столб УС (рис. 2.1), помещенный в алюминиевую анодированную втулку; якорь с пружиной; сердечник, с помощью которого регулируется магнитный зазор; корпус электромагнита; катушка с тремя обмотками (рабочей РО, температурной компенсации ОТК и уравнительной УО); ребристый корпус; три шпильки, соединяющие ребристый корпус с корпусом электромагнита; тепловой экран.

Подставка угольного регулятора имеет четыре пружинных амортизатора. Регулятор с подставкой монтируют на основании и крепят через амортизаторы винтами. На основании размещены также резистор температурной компенсации  $R_2$ , стабилизирующий резистор  $R_3$ , подстроечный резистор  $R_1$ , закрытые кожухом, и панель с германиевым диодом  $VD$ . Регулятор подключен к схеме через штепсельный разъем.

Основными элементами собственно регулятора являются:

угольный столб — переменное сопротивление, изменяющее значение тока возбуждения генератора. Столб — исполнительный элемент в системе регулирования напряжения;

электромагнит, воспринимающий изменения напряжения генератора. Обмотка электромагнита служит чувствительным элементом системы;

якорь с пружиной, который осуществляет воздействие электромагнита на угольный столб.

Обмотка РО электромагнита регулятора через резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и выносной резистор марки ВС-25Б включена на выводы генератора  $G$  постоянного тока. С увеличением напряжения генератора возрастает сила электромагнита, которая направлена против усилия пружины, вследствие чего угольный столб УС несколько разжимается и его сопротивление возрастает. Ток возбуждения уменьшает-

ся, что приводит к ограничению повышения напряжения генератора.

При работе генератора якорь электромагнита перемещается лишь при изменении режима работы генератора. В установившемся режиме работы генератора (постоянная нагрузка и частота вращения) якорь находится в неизменном положении относительно сердечника электромагнита, при этом уравновешены все силы, действующие на якорь, — усилие пружины, усилие электромагнита и сила реакции угольного столба.

При изменении температуры окружающей среды и собственном нагреве меняется и сопротивление рабочей обмотки. Это влияет на ток в обмотке РО и может привести к изменению значения регулируемого напряжения.

Для уменьшения влияния температуры на точность регулирования напряжения в угольных регуляторах используют способы температурной компенсации (в схему регулятора включают резисторы температурной компенсации, обмотку температурной компенсации и изменяют конструкцию).

Резисторы  $R1$ ,  $R2$  подсоединяют последовательно с обмоткой РО. Они изготавливаются из константана. Суммарное значение сопротивления ( $R1 + R2$ ) примерно в 5 раз больше сопротивления рабочей обмотки регулятора, поэтому изменение сопротивления обмотки РО под влиянием температуры оказывает меньшее воздействие на общее сопротивление цепи.

Обмотку температурной компенсации ОТК изготавливают из меди. Ее наматывают на одном сердечнике с обмоткой РО и подключают на напряжение генератора так, чтобы ее магнитодвижущая сила была направлена встречно магнитодвижущей силе обмотки РО. При таком соединении результирующая магнитодвижущая сила создается разностью магнитодвижущих сил обмоток РО и ОТК.

Магнитодвижущая сила обмотки ОТК составляет 10% значения магнитодвижущей силы обмотки РО. При подборе параметров обмотки ОТК добиваются, чтобы при изменении температуры окружающей среды магнитодвижущие силы этой обмотки и обмотки РО изменялись в одинаковой степени с тем, чтобы разность оставалась почти постоянной.

Для уменьшения влияния температуры на работу регулятора используют различные конструктивные методы температурной компенсации, применяя, например:

ребристый корпус из алюминиевого сплава (он обладает хорошей теплопроводностью и улучшает отвод тепла от угольного столба);

крепление корпуса электромагнита к ребристому корпусу регулятора стальными шпильками (шпильки обладают малым коэффициентом линейного расширения и этим ограничивают расширение ребристого корпуса при нагреве);

установку между ребристым корпусом и электромагнитом теплоизолирующего экрана, уменьшающего нагрев электромагнита от тепла, излучаемого ребристым корпусом.

Стабилизация работы угольного регулятора происходит следующим образом. При изменении режима работы генератора угольный регулятор не обеспечивает мгновенного приведения напряжения к заданному значению. Если напряжение генератора увеличилось, то в силу инерционности регулятора, вызываемой индуктивностью обмоток регулятора и механической инерционностью якоря, напряжение при регулировании, уменьшаясь, перейдет ниже заданного уровня. Так как напряжение стало ниже заданного, регулятор начинает его увеличивать. При этом напряжение возрастает выше заданного значения. Таким образом, в системе появляются колебания напряжения около заданного значения, которые могут быть затухающими при устойчивой работе регулятора или незатухающими при неустойчивой работе. Колебания напряжения приводят к износу шайб угольного столба.

Для повышения устойчивости регулирования в угольном регуляторе применяется стабилизирующий резистор  $R3$  (рис. 2.2), включенный в диагональ моста, образованного угольным столбом, УС, обмоткой возбуждения ОВ, резисторами  $R1$ ,  $R2$ , рабочей обмоткой РО регулятора и выносным резистором ВС-25Б.

Значение тока, протекающего через стабилизирующий резистор, зависит от потенциалов точек  $A$  и  $B$ . Потенциал точки  $B$  постоянен. Потенциал точки  $A$  зависит от сопротивления угольного столба. Если на большой частоте вращения отключить нагрузку, то в первый момент напряжение генератора увеличится вследствие инерционной системы. После этого сопротивление угольного столба увеличится и напряжение генератора начнет понижаться. С увеличением сопротивления угольного столба ток, протекающий по стабилизирующему резистору, увеличится, так как потенциал точки  $A$  уменьшится и ток в рабочей обмотке регулятора уменьшится. Якорь электромагнита притянется с меньшей силой и по инерции пройдет на меньшее расстояние. Занижение напряжения произойдет на меньшее значение. Это предотвратит колебания системы. В установившемся режиме работы генератора при большом сопротивлении угольного столба, соответствующем большой частоте вра-

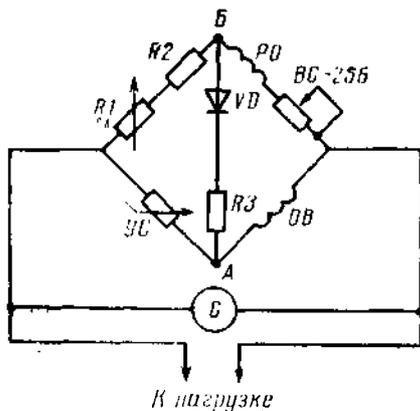


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема включения стабилизирующего резистора

ся, что приводит к ограничению повышения напряжения генератора.

При работе генератора якорь электромагнита перемещается лишь при изменении режима работы генератора. В установившемся режиме работы генератора (постоянная нагрузка и частота вращения) якорь находится в неизменном положении относительно сердечника электромагнита, при этом уравновешены все силы, действующие на якорь, — усилие пружины, усилие электромагнита и сила реакции угольного столба.

При изменении температуры окружающей среды и собственном нагреве меняется и сопротивление рабочей обмотки. Это влияет на ток в обмотке РО и может привести к изменению значения регулируемого напряжения.

Для уменьшения влияния температуры на точность регулирования напряжения в угольных регуляторах используют способы температурной компенсации (в схему регулятора включают резисторы температурной компенсации, обмотку температурной компенсации и изменяют конструкцию).

Резисторы  $R1$ ,  $R2$  подсоединяют последовательно с обмоткой РО. Они изготавливаются из константана. Суммарное значение сопротивления ( $R1 + R2$ ) примерно в 5 раз больше сопротивления рабочей обмотки регулятора, поэтому изменение сопротивления обмотки РО под влиянием температуры оказывает меньшее воздействие на общее сопротивление цепи.

Обмотку температурной компенсации ОТК изготавливают из меди. Ее наматывают на одном сердечнике с обмоткой РО и подключают на напряжение генератора так, чтобы ее магнитодвижущая сила была направлена встречно магнитодвижущей силе обмотки РО. При таком соединении результирующая магнитодвижущая сила создается разностью магнитодвижущих сил обмоток РО и ОТК.

Магнитодвижущая сила обмотки ОТК составляет 10% значения магнитодвижущей силы обмотки РО. При подборе параметров обмотки ОТК добиваются, чтобы при изменении температуры окружающей среды магнитодвижущие силы этой обмотки и обмотки РО изменялись в одинаковой степени с тем, чтобы разность оставалась почти постоянной.

Для уменьшения влияния температуры на работу регулятора используют различные конструктивные методы температурной компенсации, применяя, например:

ребристый корпус из алюминиевого сплава (он обладает хорошей теплопроводностью и улучшает отвод тепла от угольного столба);

крепление корпуса электромагнита к ребристому корпусу регулятора стальными шпильками (шпильки обладают малым коэффициентом линейного расширения и этим ограничивают расширение ребристого корпуса при нагреве);

установку между ребристым корпусом и электромагнитом теплоизолирующего экрана, уменьшающего нагрев электромагнита от тепла, излучаемого ребристым корпусом.

Стабилизация работы угольного регулятора происходит следующим образом. При изменении режима работы генератора угольный регулятор не обеспечивает мгновенного приведения напряжения к заданному значению. Если напряжение генератора увеличилось, то в силу инерционности регулятора, вызываемой индуктивностью обмоток регулятора и механической инерционностью якоря, напряжение при регулировании, уменьшаясь, перейдет ниже заданного уровня. Так как напряжение стало ниже заданного, регулятор начинает его увеличивать. При этом напряжение возрастает выше заданного значения. Таким образом, в системе появляются колебания напряжения около заданного значения, которые могут быть затухающими при устойчивой работе регулятора или незатухающими при неустойчивой работе. Колебания напряжения приводят к износу шайб угольного столба.

Для повышения устойчивости регулирования в угольном регуляторе применяется стабилизирующий резистор  $R3$  (рис. 2.2), включенный в диагональ моста, образованного угольным столбом, УС, обмоткой возбуждения ОВ, резисторами  $R1$ ,  $R2$ , рабочей обмоткой РО регулятора и выносным резистором ВС-25Б.

Значение тока, протекающего через стабилизирующий резистор, зависит от потенциалов точек  $A$  и  $B$ . Потенциал точки  $B$  постоянен. Потенциал точки  $A$  зависит от сопротивления угольного столба. Если на большой частоте вращения отключить нагрузку, то в первый момент напряжение генератора увеличится вследствие инерционной системы. После этого сопротивление угольного столба увеличится и напряжение генератора начнет понижаться. С увеличением сопротивления угольного столба ток, протекающий по стабилизирующему резистору, увеличится, так как потенциал точки  $A$  уменьшится и ток в рабочей обмотке регулятора уменьшится. Якорь электромагнита притянется с меньшей силой и по инерции пройдет на меньшее расстояние. Занижение напряжения произойдет на меньшее значение. Это предотвратит колебания системы. В установившемся режиме работы генератора при большом сопротивлении угольного столба, соответствующем большой частоте вра-

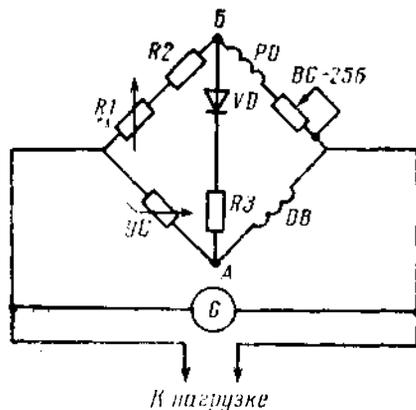


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема включения стабилизирующего резистора

шения якоря генератора и малой нагрузке, регулируемое напряжение немного увеличится.

Чтобы при малой частоте вращения якоря и большой нагрузке генератора стабилизирующий резистор не занижал напряжение генератора, последовательно с ним включен диод *VD*.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Для чего необходимо регулировать напряжение самолетных генераторов?
2. Почему в настоящее время применяется в основном реостатный способ регулирования напряжения?
3. Какие элементы входят в схему угольного регулятора напряжения РН-180 2-й степени?
4. Как работает стабилизирующий резистор в регуляторе напряжения?
5. Зачем необходима температурная компенсация в угольных регуляторах напряжения?
6. Почему при регулировке угольных регуляторов напряжения возникает «зона зуммирования»?
7. Каковы основные неисправности в регуляторах напряжения и способы их устранения?
8. Регулятор напряжения РН-180 2-й серии. Как и почему изменится напряжение генератора в случае обрыва цепи рабочей обмотки?  
Как и почему изменится напряжение генератора в случае обрыва цепи обмотки температурной компенсации?  
Как и почему изменится напряжение генератора в случае спекания шайб угольного столба?  
Как и почему изменится напряжение генератора в случае уменьшения сопротивления резистора ВС-25Б?  
Как и почему изменится напряжение генератора в случае увеличения сопротивления резистора ВС-25Б?  
Как и почему изменится напряжение генератора в случае обрыва резистора ВС-25Б?

## **Глава 3**

### **ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА И ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

#### **3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Рост потребления электроэнергии на самолетах требует увеличения мощности генераторов и аккумуляторных батарей. Использование аккумуляторной батареи очень большой емкости неэкономично: она будет иметь большую массу и габаритные размеры. Установка одного генератора большой мощности также нецелесообразна из-за ряда трудностей технического характера, а иногда и невозможности размещения его на авиадвигателе, используемом для привода генератора. Кроме того, электрическая система, состоящая из одного генератора или одной аккумуляторной батареи, недостаточно надежна в эксплуатационных условиях. На самолетах применяют несколько генераторов и одну или две аккумулятор-

ные батареи, включенные на параллельную работу. Число устанавливаемых генераторов равно числу авиадвигателей или в 2 раза больше.

Автоматическое управление самолетными генераторами охватывает операции их включения в сеть, отключения и защиту. Защита генераторов — часть операций управления генераторами, при которых они автоматически отключаются при возникновении аварийных режимов работы. Обязательными являются: защиты от коротких замыканий, обратного тока и повышения напряжения.

Все самолетные генераторы постоянного тока имеют параллельную обмотку возбуждения. Их ток короткого замыкания меньше номинального, поэтому такие генераторы не защищают от возможных на их зажимах токов короткого замыкания. Опасными здесь являются эксплуатационные перегрузки, превышающие допустимое значение, или длительные перегрузки, а также короткое замыкание в сети. Для защиты генераторов постоянного тока от перегрузок и внешних коротких замыканий применяют предохранители.

Если генератор подключен к сети и его  $U_G$  меньше напряжению сети, то из сети в генератор будет протекать ток (его называют обратным током), который может привести к повреждению якоря и коллектора генератора, а также к быстрому разряду аккумуляторной батареи. При работе генератора его напряжение может снизиться по каким-либо причинам и стать ниже напряжения сети. В этом случае из сети в генератор также потечет обратный ток, значение которого может быть опасным для генератора.

Перенапряжения могут быть кратковременными и длительными. Кратковременные перенапряжения возникают из-за инерционности регулятора напряжения при отключении больших нагрузок. Поскольку длительность таких перенапряжений мала (доли секунды), они неопасны. Предусматривают защиту только от длительных перенапряжений, возникающих при неисправностях в регуляторе напряжения.

Схема включения двух генераторов постоянного тока  $G1$  и  $G2$  на параллельную работу показана на рис. 3.1. Эта схема применена на самолете Ту-134.

Уравнительные обмотки УО регуляторов напряжения включены одним концом к своему балластному сопротивлению, а вторым — к уравнительной шине. Нагрузку генераторов контролируют по падению напряжения на балластных резисторах  $BC1$  и  $BC2$ , включенных в минусовые цепи генераторов. Падения напряжений на балластных сопротивлениях пропорциональны току нагрузки генераторов. При равенстве токов нагрузки генераторов потенциалы точек Л и £ равны и уравнительный ток равен нулю. Если ток нагрузки генератора  $G1$  увеличился, падение напряжения  $U_{BC1}$  на балластном сопротивлении станет больше  $U_{BC2}$ , следовательно,

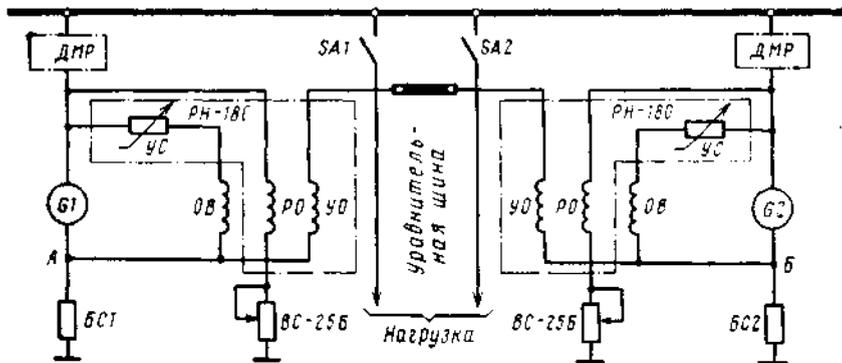


Рис. 3.1. Функциональная электрическая схема параллельной работы двух генераторов

потенциал точки *Б* станет выше потенциала точки *А* и уравнительный ток потечет от точки *Б* к точке *А*. В угольном регуляторе генератора *G1* магнитный поток обмотки УО увеличивает общий магнитный поток регулятора. Сопротивление угольного столба УС возрастает, напряжение генератора уменьшается, и ток нагрузки также уменьшается.

Во втором регуляторе магнитный поток обмотки УО уменьшает магнитный поток регулятора и напряжение второго генератора увеличивается. Уравнительный ток будет протекать до тех пор, пока потенциалы точек *Л* и *Б* не станут равны, что соответствует равенству токов нагрузки параллельно работающим генераторов. Для соединения уравнительных обмоток всех параллельно работающих генераторов служит уравнительная шина.

На самолете Ту-134А параллельно включены четыре генератора постоянного тока. На этом самолете балластные сопротивления сняты. Для питания уравнительных обмоток регуляторов используется падение напряжения на компенсационной обмотке и обмотке дополнительных полюсов. Для этого на клеммной панели генератора ГС-18ТО установлен вывод — *П*, на который подключается уравнительная обмотка.

Настройку параллельной работы генераторов выполняют следующим образом. После запуска авиадвигателя с помощью резистора ВС-25Б устанавливают напряжение каждого генератора 28,5 В при отключенном выключателе генератора, затем включают все генераторы на бортовую сеть.

На самолете Ту-134А разность в показаниях амперметров генераторов при нагрузке 300 А допускается не более 60 А. Если разность превышает допустимую, у генератора с большей нагрузкой уменьшают напряжение с помощью резистора ВС-25Б, а генератору с меньшей нагрузкой повышают напряжение, пока разность в

показаниях амперметров не станет менее допустимой. Поворот винта выносного резистора по часовой стрелке ведет к увеличению напряжения, поворот против часовой стрелки—к понижению. В полете экипаж контролирует параллельную работу генераторов.

### 3.2. ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Комплексные аппараты защиты.** В качестве комплексных аппаратов защиты генераторов постоянного тока на самолетах используют дифференциальные минимальные реле типа ДМР. На самолете Ту-134А с генераторами ГС-18ТО применяют дифференциальные минимальные реле ДМР-600Т, на самолетах Ту-154, -134А—с генератором ГС-12ТО, установленным на газотурбинных двигателях ТА-6А, -8, — реле ДМР-400Т, на самолете Ту-154Б с выпрямительным устройством ВУ-6А — реле ДМР-200ВУ. Все они имеют одинаковый принцип работы, но различаются конструктивно и техническими данными.

*Дифференциальное минимальное реле ДМР-600Т* выполняет следующие функции:

автоматически подключают генератор к сети, когда его ЭДС превышает напряжение бортсети, и обеспечивает сигнализацию:

автоматически отключает генератор от бортсети, когда его напряжение понижается и через генератор течет обратный ток;

исключает возможность включения в сеть генератора с неправильной полярностью;

включает сигнальную лампу при обрыве силового провода от генератора до реле ДМР;

обеспечивает дистанционное включение и отключение генератора.

Расшифровка обозначения: Д — дифференциальное, М — минимальное, Р — реле, 600 — номинальный ток силовой цепи (в А), Т — теплостойкого исполнения.

Основные технические данные реле приведены в табл. 3.1.

**Т а б л и ц а 3.1. Основные технические данные реле ДМР-600Т, -400Т, -400Д, -200ВУ**

Параметр	ДМР-600Т	ДМР-400Т	ДМР-400Д	ДМР-200ВУ
Напряжение, В		28,5		
Ток силовой цепи, А	600	400	400	200
Превышение ЭДС генератора, при котором он подключается к сети, В	0,2—1,0	0,2—1,0	0,3—0,7	0,2—1,0
Обратный ток отключения, А	25—50	15—35	15-35	15—50
Масса, кг	2,5	2,0	1,82	1,0

На панели реле ДМР-600Т смонтированы поляризованное реле, электромагнитные реле, силовой контактор и добавочный резистор.

Управляющее реле УР (рис. 3.2) дифференциального типа с тремя постоянными магнитами. Постоянные магниты заключены между двумя стальными пластинами. Якорь представляет собой узкую стальную пластину. С одной стороны якоря укреплена бронзовая пружина с серебряным контактом, с другой — противовес. Угол поворота якоря ограничивают контактные и упорные винты. Якорь перемещается внутри сериесной СО и дифференциальной ДО обмоток. Обмотка СО имеет один виток, выполненный из меди. Обмотка ДО выполнена с большим числом витков для создания значительного магнитного поля при малых токах.

При превышении ЭДС генератора над напряжением бортсети в обмотке ДО управляющего реле будет течь ток такого направления, при котором его контакт замкнется на контактный винт и включит цепь обмотки контактора на напряжение сети.

При прохождении через сериесный виток тока прямого направления усилится магнитное поле якоря и якорь прочнее будет удерживаться в первоначальном положении. При изменении направления тока в обмотке СО на обратное и достижении его значения до 25—50 А магнитная полярность якоря изменится на обратную и при взаимодействии с полюсами он займет положение, при котором контакты разомкнутся и обмотка контактора отключится от напряжения сети. В среднем промежуточном положении якорь реле остаться не может, так как он не имеет противодействующей пружины, а постоянный магнит притягивает его концы к одной или другой ближайшей разноименной паре полюсов при малейшем смещении якоря со среднего положения между полюсами.

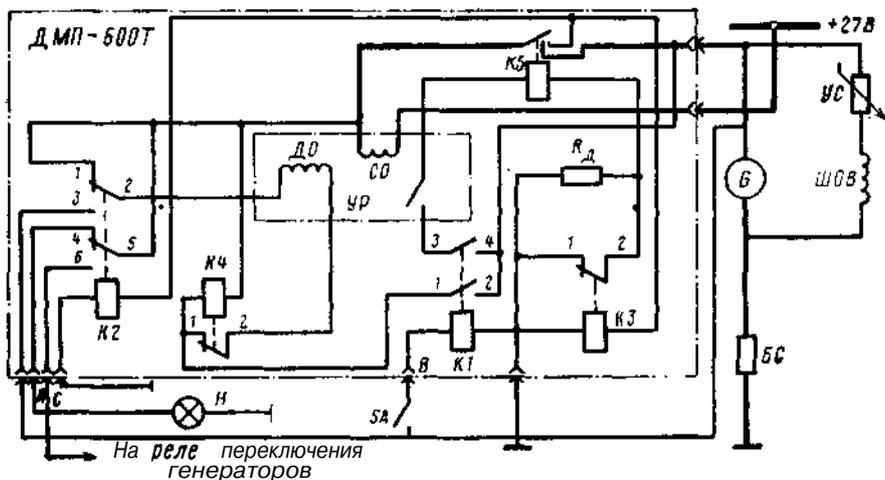


Рис. 3.2. Функциональная электрическая схема ДМР-600Т

Реле, входящие в состав ДМР-600Т, предназначены:

ТКЕ1Р2ДТ (*К1*) для подготовки дифференциального реле к работе;

ТКЕ22ПДТ (*К2*) для сигнализации о работе генератора;

ТНЕ210ДТ (*К3*) для включения последовательно с обмоткой контактора добавочного резистора;

ТКЕ210ДТ (*К4*) для предохранения дифференциальной обмотки управляющего реле от перегрева (обмотка этого реле включена параллельно обмотке ДО).

Силовая цепь генератора подключена к бортсети через контакты контактора *К5*.

Электрическая схема реле ДМР-600Т функционирует в нескольких режимах.

1. Автоматическое подключение генератора к бортсети. При включении выключателя *SA* обмотка реле *К1* подключается на напряжение генератора. По мере увеличения частоты вращения двигателя (при его раскрутке) во время запуска авиадвигателя растет напряжение генератора и, следовательно, напряжение на обмотке реле *К1*. Когда напряжение генератора достигнет значения 14 В, реле *К1* сработает. С замыканием контактов *1—2* реле *К1* обмотка реле *К4* и дифференциальная обмотка ДО управляющего реле УР подключаются на разность напряжений генератора и бортсети.

Если в момент включения реле *К1* разность напряжений составляет 12—16 В, реле *К4* сработает. При размыкании контактов *1—2* обмотка ДО предохраняется от длительного нахождения под током, т. е. от перегрева (эта обмотка предназначена для работы длительное время только при напряжении не более 1,5 В).

По мере возрастания напряжения на генераторе разность напряжений генератора и бортсети уменьшается и, когда ее значение станет равным 3—5 В, реле *К4* сработает на отпускание, контакты *1—2* замкнутся, обмотка ДО подключится на разность напряжений. Если контакты реле УР в момент подключения этой обмотки были замкнуты, магнитное поле, созданное ею, будет такого направления, при котором контакты разомкнутся, а если они разомкнутся, то будут удерживаться магнитным полем в разомкнутом состоянии.

При возрастании напряжения генератора ток в обмотке ДО управляющего реле уменьшается, а при превышении ЭДС генератора над напряжением сети ток в этой обмотке течет в обратном направлении. Когда ЭДС генератора станет больше напряжения сети на 0,2—1 В, якорь управляющего реле повернется и замкнет контакты, через которые подается питание на обмотку контактора *К5*. Контактор, сработав, подключает генератор к бортсети. Одновременно с подвижного контакта контактора подается питание на обмотки реле *К2* и *К3*. Реле *К2*, сработав, отключает крас-

ную\* сигнальную лампу Я, отключает обмотку ДО от бортсети и подключает ее к дополнительному плюсовому выводу генератора. Таким образом обмотка ДО **шунтируется**, ток по ней не протекает. Контакты реле УР замкнуты под действием магнитного потока постоянных магнитов и магнитного потока обмотки СО, по которой протекает ток нагрузки генератора. Реле КЗ, срабатывая, своими нормально замкнутыми контактами расшунтирует добавочный резистор  $R_d$ , который включен последовательно с обмоткой контактора, что предохраняет обмотку контактора от перегрева при длительной работе.

При установке выключателя генератора в положение **ВЫКЛЮЧЕНО** обесточивается реле К1. Это реле разрывает цепь обмотки контактора К5, и он отключает генератор от сети, о чем свидетельствует загорание сигнальной лампы. Дифференциальное минимальное реле включает генератор и в обесточенную сеть. Если контакты реле УР были разомкнуты, то при отключенных потребителях генератор к сети не подключится. При включении потребителей генератор подключится к сети лишь при таком сопротивлении нагрузки, при котором на обмотке ДО будет падение напряжения не менее чем  $0,2-1$  В.

2. Автоматическое **отключение** генератора при обратных токах. Если напряжение генератора станет меньше напряжения сети, через него протекает обратный ток, который, проходя через обмотку СО, перемагничивает его якорь. При токе  $25-50$  А якорь притягивается к противоположным полюсам магнита, разрывая цепь обмотки контактора и отключая генератор от сети. Одновременно отключаются реле К2, К3. Реле К2 включает лампу Н и обмотку ДО подключает к бортсети. К3 шунтирует резистор  $R_d$ .

При дальнейшем понижении напряжения генератора, когда разность напряжений между бортсетью и генератором достигает  $12-16$  В, срабатывает реле К4 и, размыкая свои контакты, отключает обмотку ДО реле УР. Если напряжение на генераторе будет уменьшаться дальше и станет меньше 5 В, сработает реле К1 на отключение и разомкнет цепь обмотки реле К4. Контакты реле К4 замкнутся, но это не будет опасно для обмотки ДО реле УР, так как ее цепь будет разомкнута контактами 1-2 реле К1. Таким образом, реле ДМР-600Т приходит в исходное положение и будет готово к включению генератора в сеть, если его напряжение вновь будет повышаться.

3. Защита от включения генератора с неправильной полярностью. При неправильной полярности генератора к разъему «Ген.» реле ДМР-600Т оказывается подключенным «—» генератора, а к корпусу самолета — «+» генератора. При установке выключателя в положение «Включено» срабатывает реле К1 и замыкает цепи обмотки ДО и обмотки реле К4, на которые подается суммарное

---

\* Здесь и далее под цветом ламп подразумевается цвет ее светофильтра.

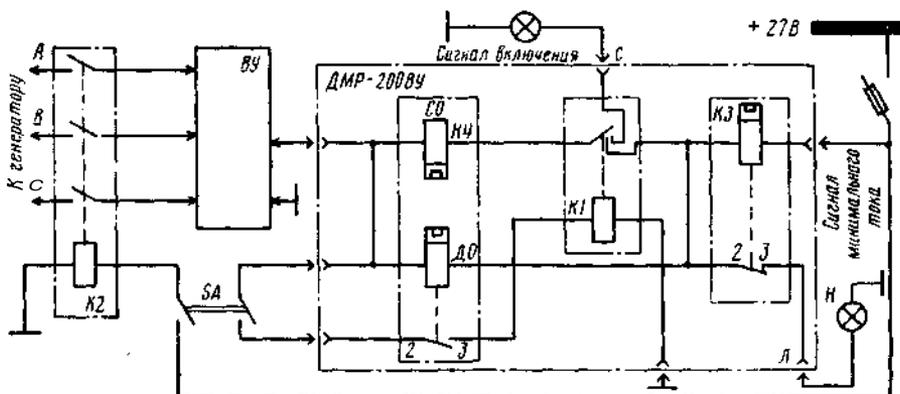


Рис. 3.3. Функциональная электрическая схема ДМР-200ВУ

напряжение включаемого генератора и источника, подключенного к сети. Реле УР разомкнет свои контакты (если они были замкнуты), а реле *К4* своими контактами размыкает цепь дифференциальной обмотки, предотвращая ее перегрев. Так как контакты управляющего реле разомкнуты, включение генератора в сеть невозможно.

4. Включение сигнализации при обрыве силового провода. Поскольку реле ДМР-600Т включено и реле *К2* находится под напряжением, при обрыве плюсового провода генератора через контакты 2—3 реле *К2* обмотка ДО подключена к дополнительному разьему «+» генератора. ЭДС генератора в этом случае больше напряжения сети, и через обмотку ДО потечет ток. Магнитный поток этой обмотки, перемагничивая якорь, размыкает контакты управляющего реле. Дифференциальное минимальное реле, отключаясь, обесточивает реле *К2*, через контакты которого подается питание на сигнальную лампу. Загорание лампы сигнализирует об отключении генератора от нагрузки.

Дифференциальное минимальное реле ДМР-400Т по назначению, устройству, электротехнической схеме аналогично реле ДМР-600Т и отличается только мощностью контактора. Основные технические данные реле приведены в табл. 3.1.

Дифференциальное минимальное реле ДМР-200ВУ включает в бортсеть и отключает от бортсети выпрямительное устройство ВУ-6А, сигнализирует об этом, а также о минимальном значении тока нагрузки выпрямительного устройства и защищает бортсеть, при коротком замыкании в самом выпрямительном устройстве или на его фидере. Основные технические данные реле приведены в табл. 3.1. Реле ДМР-200ВУ состоит из двух поляризованных реле *К3*, *К4* (рис. 3.3) и контактора *К1*.

Поляризованное реле *K4* дифференциального типа имеет дифференциальную ДО и серийную СО обмотки, расположенные на якоре реле *K4*. Обмотка ДО обеспечивает замыкание контактов реле, когда ЭДС выпрямительного устройства ВУ превышает напряжение бортсети, а обмотка СО — размыкание контактов при протекании обратного тока в момент короткого замыкания.

У поляризованного реле *K3* одна серийная обмотка, которая размыкает контакты реле при протекании тока от устройства ВУ к бортсети и замыкает их при обратном токе и уменьшении тока нагрузки до 2 А. Контактор предназначен для включения ВУ в бортсеть.

Электрическая схема реле ДМР-200ВУ работает следующим образом.

1. Включение выпрямительного устройства на нагрузку. При установке выключателя *SA* в положение ВКЛЮЧЕНО плюс бортсети через контакты выключателя *SA* подается на обмотку контактора *K2*, который, срабатывая, подключит ВУ к сети переменного тока напряжением 208 В частотой 400 Гц. Обмотка ДО включена на разностное напряжение ВУ и бортсети. Когда напряжение ВУ превысит напряжение бортсети на 0,2—1 В, контакты реле *K4* замкнутся (если они были разомкнуты). Ток от плюса ВУ через контакты выключателя *SA*, контакты 2—3 реле *K4* поступит на обмотку контактора *K1*, при срабатывании которого выпрямительное устройство подключится к бортсети постоянного тока через серийные обмотки реле *K4* и *K3*. Ток, протекая через обмотку СО реле *K4*, удержит контакты реле в замкнутом состоянии, а протекая через серийную обмотку реле *K3*, перемагнитит якорь на размыкание контактов (при токе более 15 А). При срабатывании контактора *K1* с его подвижного контакта подается напряжение бортсети на вывод *C*, предназначенный для сигнализации о работе выпрямительного устройства при его включении на бортсеть. Когда напряжение на выходе выпрямительного устройства станет меньше 9,5 В, контактор *K1* разомкнет свои контакты и отключит ВУ от бортсети. Одновременно отключится и напряжение бортсети от вывода *C*.

2. Сигнализация минимального тока нагрузки выпрямительного устройства. Если ток, проходящий через силовые контакты реле ДМР-200ВУ, уменьшится до 2 А, реле *K3* замкнет свои контакты 2—3, через которые напряжение бортсети подается на вывод *L*, предназначенный для выдачи сигнала на лампу сигнализации минимального тока. На самолете Ту-154Б с вывода *L* подается сигнал на включение резервного выпрямительного устройства.

3. Защита сети при коротком замыкании в выпрямительном устройстве или на его фидере. При коротком замыкании в устройстве ВУ или на его фидере ток протекает от бортсети через серийные обмотки реле *K3* и *K4* в обратном направлении к месту короткого замыкания. При достижении обратного тока значения 15—

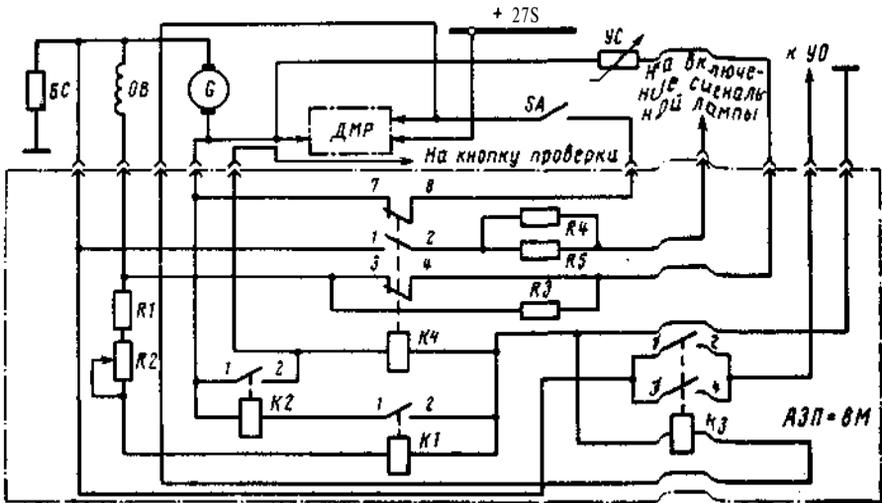


Рис. 3.4. Функциональная электрическая схема АЗП-8М 4-й серии

20 А контакты 2—3 реле  $K3$  замыкаются, а контакты 2—3 реле  $K4$  размыкаются. При размыкании контактов 2—3 реле  $K4$  отключается цепь питания контактора  $K1$ , который отключает устройство ВУ от бортсети постоянного тока. При замыкании контактов 2—3 реле  $K3$  напряжение бортсети через вывод Л подается на включение резервного выпрямительного устройства.

Автоматы защиты от перенапряжений (АЗП). АЗП служат для защиты потребителей электроэнергии от резкого возрастания напряжения генератора, что происходит в случаях обрыва рабочей обмотки или спекания шайб угольного регулятора напряжения.

Автомат АЗП-8М 4-й серии состоит из следующих основных элементов: реле замедленного действия РЗД-М ( $K1$ ) (рис. 3.4); электромагнитных реле ТКЕ21ПД ( $K2$ ), ТКЕ1Р2Д ( $K3$ ), контактора КНК-М ( $K4$ ) и резисторов.

Реле  $K1$  служит чувствительным элементом. Обмотка этого реле включена параллельно обмотке возбуждения генератора через резистор  $R1$  (22 Ом) и регулировочный резистор РС-25 (60 Ом),  $R2$ , с помощью которого регулируют напряжение срабатывания реле  $K1$ . Резистор  $R2$  отрегулирован так, что напряжение генератора, при котором срабатывает реле  $K1$ , равно 32 В. Задержка времени на срабатывание реле  $K1$  равна 1,5 с, чем устраняется ложное срабатывание автомата АЗП-8М при кратковременном повышении напряжения. Промежуточное реле  $K2$  предназначено для включения контактора, а реле  $K3$  — для включения уравнительной обмотки УО регулятора напряжения при подключении генератора на параллельную работу. Контактор  $K4$  кнопочный, импульсного

действия, с шариковой защелкой. Он предназначен для выдачи команды на отключение генератора.

При установке выключателя *SA* генератора в положение ВКЛЮЧЕНО его напряжение через нормально замкнутые контакты 7—8 контактора *K4* подается на дифференциальное минимальное реле (ДМР) и к обмотке реле *K3*. Если ЭДС генератора больше напряжения сети, реле ДМР подключает генератор к бортсети. Реле *K3*, срабатывая, подключает уравнительную обмотку регулятора напряжения.

Обмотка возбуждения (ОВ) генератора через угольный столб (УС) регулятора напряжения и нормально замкнутые контакты 4—3 контактора *K4* подключается к плюсу генератора. При увеличении напряжения генератора свыше 32 В через 1,5 с срабатывает реле *K1* и подключается минус бортсети к обмотке реле *K2*, через контакты которого напряжение генератора поступает на обмотку контактора *K4*. Контакт *K4*, срабатывая, подключает обмотку возбуждения на напряжение генератора через резистор *R3* (20 Ом), обесточивает реле *K3* (оно отключает цепь параллельной работы генераторов) и снимает напряжение с реле ДМР-600Т. Генератор отключается от бортсети. При срабатывании контактора *K4* механически защелкивается и остается во включенном состоянии после снятия питания. Для повторного включения генератора в сеть нужно нажать кнопку возврата на автомате (это можно сделать только на земле).

Особенности устройства и электрической схемы автомата АЗП-8М 5-й серии следующие. Автомат по устройству аналогичен автомату АЗП-8М 4-й серии, за исключением того, что в нем применен блок измерения напряжения БИН-1Б (*У1*) (рис. 3.5). Напряжение генератора подается на делитель входа блока *У1*, состоящий из резисторов *R5* и *R1*. Первый каскад блока *У1* — нелинейный мост с транзистором *VT1* в диагонали. Плечами моста являются: резистор *R5*, часть резистора *R1*, стабилитроны *VD1—VD6* и резистор *R2*. Транзистор *VT1* имеет проводимость  $n-p-n$ . Он открывается тогда, когда потенциал базы превышает потенциал эмиттера. Рабочие стабилитроны *VD1*, *VD2* поддерживают постоянным потенциал эмиттера при изменении напряжения, т. е. создают эталонное напряжение. Потенциал базы изменяется прямо пропорционально изменению напряжения. Когда закрыт транзистор *VT1*, закрыт и транзистор *VT2*, который имеет проводимость  $p-n-p$ . Он открывается тогда, когда потенциал эмиттера превышает потенциал базы.

Применение транзисторов разной проводимости позволяет получить одновременно открытое или закрытое состояние транзисторов. При повышении напряжения генератора потенциал базы транзистора *VT1* повышается и при напряжении  $(33 \pm 0,3)$  В транзистор *VT1* открывается. При этом на резисторе *R2* создается падение напряжения, которое понижает потенциал базы транзистора

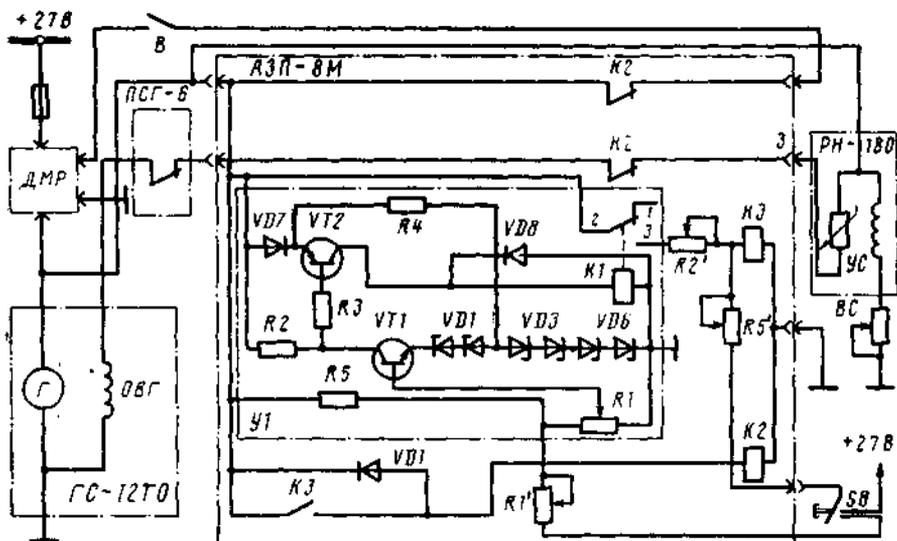


Рис. 3.5. Функциональная электрическая схема АЗП-8М 5-й серии

*VT2*. Транзистор *VT2* открывается и срабатывает реле *K1* блока *У1*, которое служит нагрузкой.

При изменении температуры окружающей среды изменяется напряжение стабилизации стабилитронов. Для температурной компенсации этого изменения последовательно с рабочими стабилитронами включены стабилитроны *VD3—VD6* в прямом направлении. При таком включении стабилитроны имеют температурный коэффициент обратного знака по отношению к стабилитронам *VD1, VD2*.

Таким образом, если при повышении температуры напряжение стабилизации рабочих стабилитронов увеличивается, падение напряжения на компенсационных стабилитронах уменьшается и потенциал эмиттера остается постоянным. Для надежного закрывания транзистора *VT2* введено отрицательное смещение, которое создается на диоде *VD7* при протекании по нему тока.

При срабатывании реле *K1* блока *У1* напряжение бортовой сети подается на обмотку реле замедленного действия *РЗД-1М (K3)*, которое с выдержкой времени 0,25—0,7 с включает контактор *КНК-У (K2)*. Он, размыкая свои контакты, отключает цепь обмотки возбуждения генератора, цепь включения реле *ДМР-400Т* (т. е. генератор отключается от бортовой сети) и механически становится на защелку. Для приведения этого автомата в исходное положение после срабатывания нажимают кнопку на корпусе автомата.

Потенциометры *R1', R2', R5'* предназначены для настройки автомата защиты. Диод *VD1* служит для включения контактора *K2* при неправильной полярности генератора.

Автомат защиты АЗП-А1 предназначен для защиты сети постоянного тока от аварийного повышения напряжения и от перемагничивания любого из параллельно работающих генераторов. Каждый генератор работает со своим автоматом защиты (рис. 3.6). Автомат выпускается в двух модификациях — АЗП-А1 и АЗП-А2.

#### Основные технические данные

Напряжение срабатывания автомата, В	31,5+0,5
Время срабатывания автомата при внезапном повышении напряжения, с:	
до 37 В	от 0,7 до 0,50
> 60 В	> 0,05 > 0,12
Напряжение срабатывания автомата при контроле, В	23,5—26,5
Режим работы автомата	продолжительный
Масса, кг	не более 1,2

Основными рабочими узлами автомата являются: орган измерения напряжения БИН-1Б 2-й серии (блок У2), статический орган выдержки времени РВН 120 (блок У3), исполнительный орган контактор КНҚ-У (К5, блок У1).

Орган измерения напряжения блок У2 представляет собой мостовую схему, в диагональ которой включен переход база — эмиттер транзистора VT1, а плечами служат резисторы R1, R2, R3, R4 и стабилитроны VD1, VD2. При номинальном напряжении питания

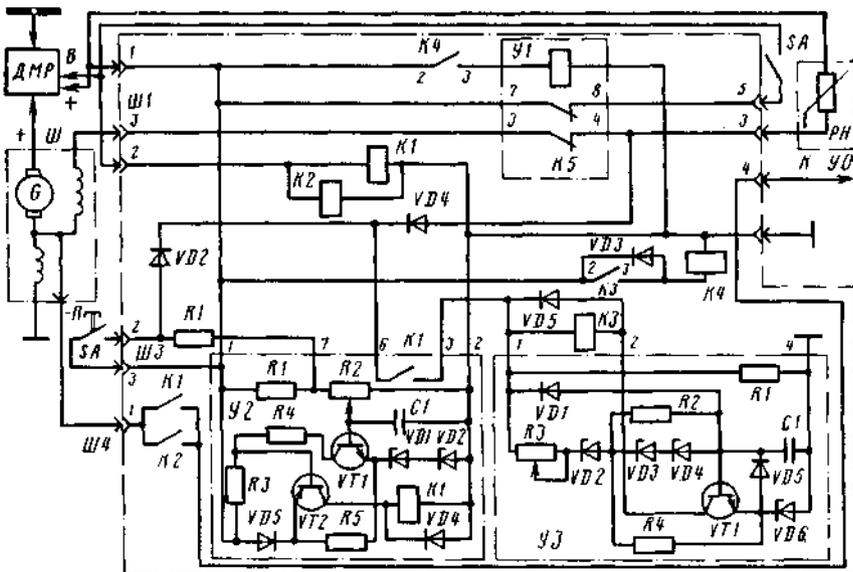


Рис. 3.6. Функциональная электрическая схема АЗП-А1

транзистор  $VT1$  закрыт, так как напряжение стабилизации стабилитронов  $VD1$ ,  $VD2$ , приложенное к эмиттеру, превышает напряжение на резисторе  $R2$ , подаваемое на базу транзистора  $VT1$ , поэтому транзистор  $VT2$  также закрыт и реле  $K1$  обесточено. В случае перенапряжения на входе блока потенциал базы транзистора  $VT1$  превышает потенциал эмиттера и он открывается. Потенциал базы транзистора  $VT2$  становится меньше потенциала его эмиттера, что приводит к открытию транзистора  $VT2$  и срабатыванию реле  $K1$ . Реле  $K1$  подает сигнал на орган выдержки времени (блок  $У3$ ). Конденсатор  $C1$  используется как фильтр, а диод  $VD4$  — для защиты схемы от электродвижущей силы самоиндукции обмотки реле  $K1$ , возникающей при открывании транзистора  $VT2$ .

Статический орган выдержки времени (блок  $У3$ ) предназначен для устранения ложных срабатываний при переходных процессах в системе и представляет собой мостовую схему, в диагональ которой включен переход база — эмиттер транзистора  $VT1$ , а плечами являются конденсатор  $C1$ , резисторы  $R4$ ,  $R2$  со стабилитронами  $VD3$  и  $VD4$ ,  $VD6$ , реле  $K3$ , которое устанавливается вне блока  $У3$ . При подаче на выводы  $1$  и  $4$  напряжения, достаточного для пробоя стабилитрона  $VD2$ , происходит заряд конденсатора  $C1$ . При достижении напряжения заряда величины, превышающей напряжение стабилизации стабилитрона  $VD6$ , транзистор  $VT1$  открывается и срабатывает реле  $K3$ .

Обратно зависящая от напряжения вольтсекундная характеристика создается изменением времени заряда конденсатора  $C1$ . При напряжении питания, превышающем определенную величину, пробиваются стабилитроны  $VD3$ ,  $VD4$ , которые шунтируют резистор  $R2$ , тем самым ускоряя процесс заряда конденсатора  $C1$ . Во избежание накопления заряда на конденсаторе  $C1$  из-за переходных процессов в системе введена цепь разряда из резистора  $R1$  и диода  $VD1$ . Селективность работы осуществляется включением органа выдержки времени на обмотку возбуждения генератора.

Реле  $K1$ ,  $K2$  замыкают уравнивательные цепи при включении генератора на параллельную работу.  $K3$  является исполнительным реле блока выдержки времени (блок  $У3$ ). ТКЕ21ПОДГ ( $K4$ ) является промежуточным реле. Резистор  $R1$  служит для настройки блока  $У2$  при контроле.

Диоды  $VD2$ ,  $VD4$  служат для развязки цепей. Диод  $VD3$  создает цепь для срабатывания контактора  $K4$  при неправильной полярности генератора. Диод  $VD5$  создает контур для замыкания электродвижущей силы самоиндукции реле  $K3$  при его выключении. Если у одного из параллельно работающих генераторов вышла из строя система регулирования и в бортовой сети возникло аварийное повышение напряжения, то у всех автоматов срабатывают блоки  $У2$ .

У генератора с неисправной системой регулирования аварийное повышение напряжения имеет место и на его обмотке возбуждения (в отличие от генератора с исправной системой регулирования). В

результате этого срабатывает орган выдержки времени (блок УЗ) только у генератора с неисправной системой регулирования. Через замкнутые контакты 2—3 реле КЗ срабатывает промежуточное реле К4, которое через свои контакты 2—3 подает сигнал на срабатывание контактора К5. Контактор К5, размыкая свои контакты, размыкает цепь возбуждения неисправного генератора.

### **3.3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТУРЫ ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРОВ**

Реле ДМР заводы-изготовители выпускают отрегулированными и до отработки гарантийного ресурса в подрегулировке и очистке контактов не нуждаются. Подчистка контактов контактора реле ДМР до выработки гарантийного ресурса ~~ЗАПРЕЩАЕТСЯ~~ — она только ухудшает работу контактной системы. Реле ДМР в процессе эксплуатации периодически очищают от загрязнения, проверяют исправность монтажа и контролируют его работу. Перед вылетом (во время опробования двигателей) проверяют правильность срабатывания реле ДМР на включение и отключение генератора от бортсети (по бортовым приборам) при включенной аккумуляторной батарее. Во время проверки должен работать только генератор проверяемого реле ДМР, а остальные генераторы должны быть отключены. Для проверки реле ДМР на включение медленно увеличивая частоту вращения ротора авиадвигателя и наблюдают за показаниями амперметра соответствующего генератора. После срабатывания реле стрелка амперметра должна отклониться в правую сторону от нуля, показывая ток заряда аккумуляторной батареи.

После подключения генератора к бортсети проверяют работу реле на отключение, для чего плавно уменьшают частоту вращения ротора двигателя и наблюдают за показаниями того же амперметра. Если вначале стрелка амперметра находилась на нуле или была отклонена вправо от него, то по мере уменьшения частоты вращения ротора двигателя она будет отклоняться в левую сторону; показывая значение обратного тока. В момент срабатывания реле ДМР на отключение стрелка амперметра резко вернется в нулевое положение. Максимальное показание амперметра в сторону обратного тока перед броском стрелки на нуль должно быть для реле ДМР-400Т не более 35 А, а для реле ДМТ-600Т не более 50 А. Реле ДМР-200ВУ проверяют на напряжение включения и напряжение отключения. В реле ДМР-600Т, -400Т, -200ВУ в процессе эксплуатации КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ какая-либо разборка.

Для проверки работоспособности автоматов защиты (АЗП) установлены кнопки проверки. Для проверки исправности АЗП нажимают на кнопку проверки. Если автомат защиты исправен, сра-

батывает контактор, происходит отключение генератора и загорается сигнальная лампа с красным светофильтром ГЕНЕРАТОР НЕ РАБОТАЕТ. После проверки контактор возвращается в исходное положение нажатием кнопки возврата.

## Вопросы для самоконтроля

1. Почему необходимо включать генераторы параллельно?
2. Каково назначение электрической схемы параллельной работы генераторов?
3. Как изменится ток нагрузки генератора  $G1$ , если увеличить сопротивление выносного резистора ВС-25Б угольного регулятора РН-180 генератора  $G2$ ?
4. Как изменится ток нагрузки генератора  $G2$ , если уменьшить сопротивление выносного резистора ВС-25Б угольного регулятора РН-180 генератора  $G1$ ?
5. Дифференциальное минимальное реле ДМР-400Т. Объяснить последовательность работы схемы при включении генератора на нагрузку в случае обрыва подвижного контакта силового контактора.
6. Дифференциальное минимальное реле ДМР-600Т:
  - а) объяснить последовательность работы схемы реле при включении генератора на нагрузку в случае обрыва цепи добавочного резистора  $R_d$ ;
  - б) объяснить последовательность работы схемы реле при включении генератора на нагрузку в случае обрыва обмотки реле ТКЕ-22ПДТ;
  - в) объяснить последовательность работы схемы реле в случае обрыва силового провода от вывода «+» генератора до вывода ГЕН реле ДМР-600Т;
  - г) объяснить последовательность работы схемы при включении генератора на нагрузку в случае обрыва обмотки реле ТНЕ-21ОДТ.
7. Каково назначение и устройство реле  $K2$  дифференциального минимального реле ДМР-200ВУ?
8. Каково назначение и устройство реле  $K1$  дифференциального минимального реле ДМР-200ВУ?
9. Каково назначение реле  $K1$  в схеме автомата АЗП-8М?
10. Автомат защиты от перенапряжения АЗП-8М 4-й серии:
  - а) как и почему изменится напряжение срабатывания автомата в случае увеличения сопротивления резистора  $R2$ ?
  - б) объяснить последовательность работ схемы автомата в случае обрыва обмотки реле ТКЕ-1Р2Д;
  - в) объяснить последовательность работы схемы в случае обрыва обмотки реле ТКЕ-21ПД;
  - г) как и почему изменится напряжение срабатывания автомата в случае уменьшения сопротивления резистора  $R2$ ?
  - д) назначение контактов 7—8 и 3—4 контактора  $K4$ .
11. Каковы назначение блока  $У1$  автомата АЗП-8М 5-й серии и схема его включения?
12. Каково назначение диода  $VD1$  в блоке  $У1$  автомата АЗП-8М 5-й серии?
13. Каково назначение стабилитронов  $VD3—VD6$  в блоке  $У1$  автомата АЗП-8М 5-й серии?
14. Как изменится напряжение срабатывания автомата АЗП-8М 5-й серии при увеличении сопротивления резистора  $R2$ ?
15. Как изменится напряжение срабатывания автомата АЗП-8М 5-й серии при уменьшении сопротивления резистора  $R2$ ?
16. Каково назначение блока  $У2$  в схеме автомата АЗП-А1?
17. Каково назначение блока  $У3$  в схеме автомата АЗП-А1?
18. Как и почему изменится напряжение срабатывания автомата АЗП-А1 при передвижении ползунка потенциометра  $R2$  в блоке  $У2$  влево?
19. Как и почему изменится напряжение срабатывания автомата АЗП-А1 при передвижении ползунка потенциометра  $R2$  в блоке  $У2$  вправо?

## Глава 4

### САМОЛЕТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

#### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Все потребители электроэнергии на ВС можно разделить на четыре группы: безразличие к роду тока; требующие для своего питания переменный ток, но допускающие отклонения частоты в определенных пределах; требующие для своего питания переменный ток стабильной частоты; постоянного тока.

Первые три группы потребителей по использованию электрической мощности являются основными. Если перевести на переменный ток и электропривод, который еще работает на постоянном токе, система переменного тока может удовлетворять около 95% потребителей мощности и только 5% мощности необходимо преобразовать в постоянный ток. С точки зрения упрощения системы электроснабжения, унификации электроустановок и получения возможности параллельной работы генераторов переменного тока наиболее целесообразной является система переменного тока стабильной частоты.

Сравнительно недавно для питания всех потребителей переменного тока использовались электромашинные преобразователи постоянного тока в переменный. Сейчас такие преобразователи в большинстве случаев, особенно на тяжелых самолетах и вертолетах, обслуживают только те потребители, которые требуют стабильной частоты и служат аварийными источниками. Питание же ряда мощных потребителей, безразличных к роду тока или требующих для своего питания переменный ток, допускающий изменение частоты, осуществляется от генераторов переменного тока нестабильной частоты.

Применение синхронных генераторов нестабильной частоты позволило за счет перевода ряда потребителей на питание от них уменьшить устанавливаемую мощность генераторов постоянного тока, а следовательно, облегчить условия коммутации на высоте и улучшить их охлаждение. Кроме того, уменьшились мощность и количество преобразователей постоянного тока в переменный, имеющих низкий коэффициент полезного действия и относительно большую массу.

На ВС синхронные генераторы получают вращение от привода, который обеспечивает постоянную частоту вращения ротора, что позволяет применять параллельную работу синхронных генераторов и повысить надежность работы таких систем.

На самолете Ту-154Б установлены генераторы переменного тока ГТ-40ПЧ6.

## 4.2. НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Генератор ГТ-40ПЧ6 питает потребители трехфазным током напряжением 208 В, стабилизированный частотой 400 Гц.

Расшифровка обозначения: Г — генератор, Т — трехфазный, 40 — мощность (в кВ·А), ПЧ — постоянный частоты, 6 — частота вращения 6000 мин<sup>-1</sup>.

### Основные технические данные

#### Генератор

Число фаз	3
Соединение фаз	«звезда»
Напряжение, В:	
линейное	208
фазное	120
Ток нагрузки, А	111
Мощность, кВ·А	40
Коэффициент мощности	0,85
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	6000
Частота тока, Гц	400
Чередование фаз	прямое
Режим работы	длительный
Масса, кг	38,8

#### Подвозбудитель

Число фаз	3
Соединение фаз	«звезда»
Напряжение холостого хода, В	47 ± 4
Ток нагрузки, А	3,6
Частота, Гц	800

Этот генератор — синхронная бесконтактная бесщеточная машина со встроенными возбудителем, подвозбудителем и блоком вращающихся выпрямителей. Его основные узлы: корпус, ротор и щит.

Корпус генератора выполнен в виде моноблока из магниевого сплава. На внутренней поверхности корпуса расположены продольные ребра, повышающие его жесткость и образующие каналы для прохода охлаждающего воздуха. Со стороны привода в корпусе есть окна для выхода охлаждающего воздуха. На внешней поверхности корпуса установлена коробка со штепсельным разъемом, в ней блок токовых трансформаторов БТТ-3 дифференциальной защиты генератора и вывод силовой нейтрали. К штепсельному разъему подведены выводные концы подвозбудителя и обмоток блока трансформаторов тока. В корпус запрессованы статор генератора с рабочими обмотками, магнитопровод возбудителя с обмоткой возбуждения и статор подвозбудителя.

Ротор генератора состоит из полого стального вала ступицы, на которую напрессован индуктор генератора с обмоткой возбуж-

дения, ротор возбуждателя с обмоткой и блок кремниевых выпрямителей, состоящий из шести диодов Д-232А и шестнадцатиполусного постоянного магнита, являющегося индуктором подвозбудителя. Подвозбудитель представляет собой синхронный генератор с неподвижными обмотками РОП трех фаз переменного тока, расположенными в статоре и соединенными «звездой» без выведенного нулевого провода. Его концы фаз подключены к выводам 4, 5, 6 ШР генератора. Внутри полого вала находится гибкий вал и демпферная муфта с пружиной. Гибкий вал имеет шлицованный хвостовик для соединения генератора с приводом авиадвигателя. Демпферная муфта дискового типа, диски муфты через один связаны с полым или гибким валом. Под действием пружины диски прижаты друг к другу и пробуксовывают при превышении крутящего момента.

На корпусе расположена клеммовая колодка, в которой находятся разъемы А, В, С выводных концов обмотки статора генератора. К корпусу прикреплен патрубок для подвода охлаждающего генератор воздуха.

Принцип работы генератора заключается в следующем. После запуска авиадвигателя начинает вращаться ротор генератора, при этом вращается шестнадцатиполусный постоянный магнит (рис. 4.1). При вращении ротора магнитный поток индуктора пере-

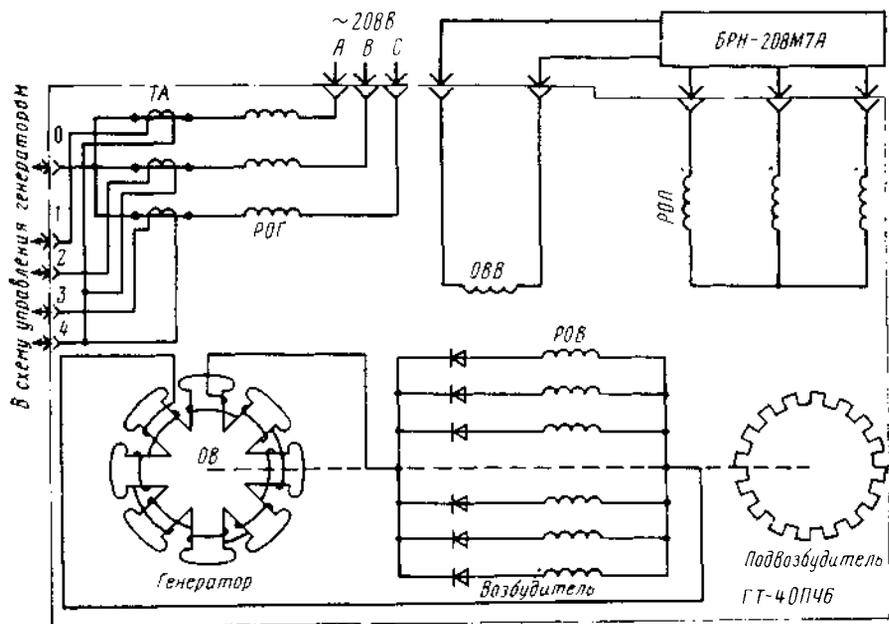


Рис 4.1. Функциональная электрическая схема генератора ГТ-40ПЧ6

секает витки обмотки подвозбудителя и наводит в них переменную ЭДС, которая через блок регулирования напряжения БРН-208М7А подается на обмотку возбуждения возбудителя (ОВВ).

Возбудитель генератора — синхронный генератор индукторного типа с встроенным блоком выпрямителей. Рабочая обмотка переменного тока возбудителя (РОВ) расположена на роторе. Обмотка ОВВ расположена в статоре, состоящем из двух литых магнитопроводов. У каждого магнитопровода восемь зубцов. Чередуясь друг с другом, они образуют восемь пар полюсов. Магнитный поток, пересекая витки обмотки РОВ, наводит в ней переменную ЭДС. Последовательно с обмотками фаз возбудителя включены шесть кремниевых выпрямителей. Переменный ток, создаваемый обмоткой РОВ, выпрямляется диодами и питает обмотку возбуждения (ОВ) генератора. Обмотка ОВ расположена на явно выраженном восьмиполюсном вращающемся роторе. В полюсные наконечники уложена демпферная обмотка.

При пересечении магнитным потоком ротора витков обмотки РОГ в ней возникает переменная ЭДС. Фазы обмотки подключены с одной стороны к выводам *A, B, C*, с другой через первичные обмотки трансформаторов тока (ТА). Трехфазная обмотка генератора соединена по схеме «звезда» с выведенной силовой нейтралью. Вторичные обмотки ТА подключены к штырям 1—4 ШР генератора и входят в систему дифференциальной защиты генератора и его фидера от коротких замыканий. Особенность данного генератора — в схеме возбуждения нет щеток, скользящих контактов, благодаря чему повышается его эксплуатационная надежность. Кроме того, применение подвозбудителя обеспечивает автономность возбуждения генератора, а также питание цепей защиты.

*Генератор ГТЗОНЖЧ12.* Предназначен для питания потребителей трехфазным переменным током напряжением 200/115 В, частотой 400 Гц и приводится во вращение гидроприводом ГП-21.

#### Основные технические данные

Число фаз	3
Соединение фаз	«звезда» с выведенной силовой нейтралью
Линейное напряжение, В	208
Мощность, кВт·А	30
Ток нагрузки, А	83
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	12000
Частота тока, Гц	400
Масса генератора, кг	12,5
Масса генератора с приводом, кг	37

Четырехполюсный генератор бесщеточный, имеет встроенный трехфазный возбудитель переменного тока, а также вращающийся блок выпрямителей, которые соединены в мостовую схему и предназначены для питания обмотки возбуждения основного генерато-

ра постоянным током. Для автономности возбуждения, а также для питания цепей защиты, управления и регулирования напряжения на одном валу с генератором размещен трехфазный подвозбудитель с возбуждением от восьмиполюсного постоянного магнита. Принцип работы его аналогичен принципу работы генератора ГТ-40ПЧ6. Охлаждение генератора осуществляется маслом, общим из системы привода.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Каковы особенности устройства генератора ГТ-40ПЧ6?
2. Из каких узлов состоит генератор ГТ-40ПЧ6?
3. Как расшифровать обозначение генератора ГТ-40ПЧ6?
4. По какой схеме соединены рабочие обмотки подвозбудителя?
5. Сколько полюсов имеет ротор генератора ГТ-40ПЧ6?

## **Глава 5**

### **РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПЯЖЕНИЯ И ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

#### **5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Основными возмущающими воздействиями, приводящими к отклонению напряжения на зажимах генераторов от требуемого значения, являются нагрузка генератора и угловая скорость его ротора. Диапазон изменения основных возмущений велик. Нагрузка на генератор может меняться от 0 до 1,5-кратного значения номинальной нагрузки. Диапазон изменения частоты вращения для генераторов переменного тока нестабильной частоты составляет 2—2,5, а иногда и больше. Значение частоты вращения генераторов переменного тока стабильной частоты регулируемо, поэтому здесь процессы регулирования частоты и напряжения являются взаимосвязанными, т. е. генератор переменного тока стабильной частоты относится к двумерным объектам регулирования.

К точности поддержания напряжения на зажимах авиационных генераторов предъявляют жесткие требования. В установившихся режимах работы точность поддержания напряжения в точке подключения измерительного органа регулятора при всех режимах работы должна составлять  $\pm 2\%$ .

Для регулирования напряжения авиационных генераторов широко применяются два способа регулирования: изменением сопротивления цепи возбуждения и изменением напряжения на обмотке возбуждения. Для этой цели применяются угольные регуляторы напряжения и регуляторы напряжения, выполненные на магнитных усилителях и тиристорах.

Для защиты источников и потребителей при нарушении нормального режима в системе электроснабжения используют различные защиты, отключающие поврежденный элемент системы. Обязательными видами защит, входящими в состав энергоузлов практически всех самолетов, являются защиты от повышения и понижения напряжения, понижения и повышения частоты и от коротких замыканий внутри генератора и на его фидере.

## 5.2. СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ САМОЛЕТА ТУ-154Б

На самолете Ту-154Б установлена система энергоснабжения СПЗСЗБ-40 трехфазного переменного тока напряжением 208 В частотой 400 Гц.

Расшифровка обозначения системы: СП — система переменного тока, З — трехфазная, С — стабилизированной частоты, З — три генератора, т. е. три канала электроснабжения, Б — без параллельной работы, 40 — мощность каждого генератора (в кВ·А).

В комплект системы входят: три генератора переменного тока ГТ-40ПЧ6, три блока регулирования напряжений БРН-208М7А, три блока защиты и управления БЗУ-376СБ, три блока отключения генератора БОГ-1, три блока трансформаторов тока БТТ-40Б, две коробки отсечки частоты КОЧ-62А 2-й серии, два автомата переключения шин АПШ-3М.

Кроме того, на самолете имеется генератор ГТ-40ПЧ6, установленный на газотурбинном двигателе ТА-6А и используемый в качестве аварийного источника питания. Генератор работает в комплекте с блоком регулирования напряжения БРН-208М7А, с блоком защиты и управления БЗУ-376СБ и блоком БТТ-40Б.

**Блок регулирования напряжения БРН-208М7А.** Он предназначен для поддержания напряжения переменного тока генератора ГТ-40ПЧ6 в заданных пределах.

### Основные технические данные

Напряжение питания током, В:	
постоянным.	24,3—29,7
переменным трехфазным частотой 400 Гц.	201,8—210
переменным трехфазным частотой 800 Гц.	45—51
Потребляемый ток, А:	
постоянный.	0,5
переменный частотой 400 Гц.	0,1
переменный частотой 800 Гц.	6
Предел обеспечения точности регулирования напряжения, В	201,8—210
Диапазон изменения уровня напряжения с помощью подстроечного резистора, В.	±6
Режим работы.	длительный
Масса, кг.	4,4

В состав этого блока входят: блок измерения напряжения БИИ-3-20Д У/ (рис. 5.1), магнитные усилители МУ1Б-62 УМ1 и МУ2Б-62 УМ2, блоки диодов, трансформаторы, резисторы и реле.

Напряжение регулируется по замкнутому контуру: при изменении напряжения генератора чувствительный элемент измеряет отклонение напряжения от заданного значения, и сигнал, пропорциональный этому отклонению, подается на усилительный элемент, где он усиливается и поступает на исполнительный элемент. Чувствительным элементом служит блок измерения напряжения, усилительным — двухкаскадный усилитель, состоящий из магнитных усилителей УМ1 и УМ2, а исполнительным элементом является обмотка возбуждения генератора.

Блок У1 включает в себя трехфазный выпрямитель, собранный на диодах Д237А (VD1—VD6), и мостовую схему, в два плеча которой включены нелинейные элементы (стабилитроны VD7, VD8), в остальные два плеча — резисторы R1 и R2. Блок подключен на линейное напряжение генератора (рабочие обмотки генератора — РОГ) через трехфазный понижающий трансформатор Т2. Напряжение генератора, выпрямленное трехфазным выпрямителем UZ1—UZ6, поступает на мостовую схему. Вследствие того, что стабилитрон поддерживает напряжение постоянным за счет резкого увеличения обратного тока, при изменении напряжения генератора значительно изменяется разность потенциалов в измерительной диагонали мостовой схемы, причем рабочая часть характеристики моста находится за точкой баланса.

Магнитный усилитель (УМ2) однофазный. Он выполнен на двух тороидальных сердечниках, имеет три обмотки (рабочую РО, управляющую УО, стабилизирующую СО) и представляет собой первый каскад двухкаскадного усилителя. В этом усилителе предусмотрена внутренняя обратная связь. Рабочие обмотки усилителя включены на напряжение подвозбудителя и через диоды VD19—VD22 питают выпрямленным током управляющую обмотку усилителя УМ1. Обмотка УО включена в диагональ моста (следовательно, значение магнитного потока, создаваемого током этой обмотки, зависит от разности потенциалов в диагонали моста). Обмотка СО подсоединена на вторичную обмотку стабилизирующего трансформатора Т1, по первичной обмотке которого протекает ток возбуждения возбудителя. Магнитодвижущие силы обмоток СО и УО направлены встречно. Магнитный поток обмотки СО изменяется пропорционально изменению тока возбуждения возбудителя. Стабилизирующая обмотка предназначена для улучшения устойчивости системы регулирования. Смещение характеристики усилителя УМ2 влево происходит за счет подмагничивания сердечников постоянной составляющей тока рабочей обмотки (работает внутренняя обратная связь). Выходное напряжение магнитного усилителя УМ2 через резистор R6 поступает на управляющую обмотку УО магнит

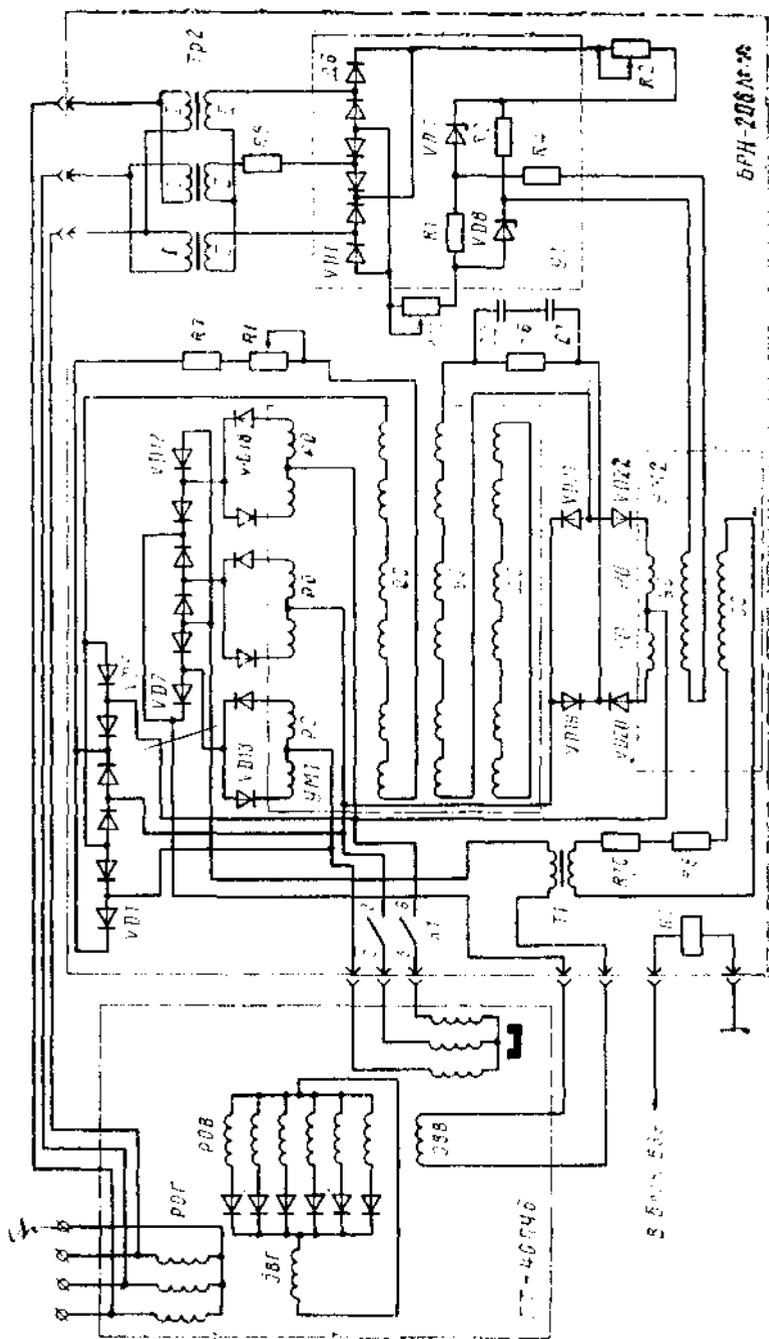


Рис. 5.11. Принципиальная электрическая схема блока охлаждения напряжения BRN-208M71

ного усилителя  $УМ$ , который является вторым каскадом усилителя.

Магнитный усилитель  $УМ1$  трехфазный, выполнен на шести тороидальных сердечниках. Нагрузкой этого усилителя служит обмотка  $ОВВ$ , диоды  $VD7—VD8$  обеспечивают выпрямление тока рабочих обмоток усилителя. Усилитель имеет на каждом сердечнике обмотки: рабочие ( $PO$ ), соединенные попарно последовательно; смещения ( $OC$ ), подсоединенную на линейное напряжение подвозбудителя через трехфазный выпрямитель  $UZ1—UZ6$  и ограничительные резисторы  $R1, R7$  (эта обмотка предназначена для согласования характеристик первого и второго каскадов усиления); демпферную ( $ДО$ ); короткозамкнутую (она работает только при переходных процессах, повышая устойчивость системы регулирования).

Применение двухкаскадного усилителя увеличило быстродействие схемы регулирования, т. е. снизило постоянную времени, пропорциональную коэффициенту усиления по мощности, поскольку в двухкаскадной схеме общая постоянная времени равна сумме постоянных времени каскадов, а коэффициент усиления — произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов.

Напряжение регулируется следующим образом. При уменьшении напряжения генератора вследствие увеличения нагрузки снижается напряжение на вторичных обмотках трансформатора  $T2$ , первичные обмотки которого включены на линейное напряжение генератора. Напряжение со встречных обмоток выпрямляется блоком диодов  $VD1—VD6$  и подается на измерительный мост блока  $У1$ . При этом разность потенциалов в измерительной диагонали моста уменьшается, вследствие чего становится меньше ток, протекающий по обмотке  $УО$  усилителя  $УМ2$ , и магнитный поток, но суммарный магнитный поток за счет положительной внутренней обратной связи возрастает. Это вызывает уменьшение магнитной проницаемости сердечника усилителя, в результате чего индуктивность и индуктивное сопротивление рабочей обмотки усилителя также снижается, а ток рабочей обмотки увеличивается и через резистор  $R6$  подается на обмотку  $УО$  усилителя  $УМ1$ .

В этом случае напряженность магнитного поля усилителя  $УМ1$  возрастает, магнитная проницаемость, индуктивность и индуктивное сопротивление уменьшается и через выпрямитель  $UZ7—UZ18$  ток подается на обмотку  $ОВВ$ , вызывая возрастание напряжения на выходе возбудителя (на рабочих обмотках возбудителя  $POB$ ). Возрастает и ток возбуждения генератора (в обмотке  $ОВГ$ ), и его напряжение.

При повышении напряжения свыше допустимого значения процесс регулирования протекает в обратном порядке.

Напряжение генератора можно подрегулировать вручную. Для этой цели на передней стенке блока регулирования установлен резистор  $R2$ , включенный последовательно с измерительным мостом

блока *У1*. Уровень напряжения с помощью резистора *R2* можно измерять в пределах  $\pm 6$  В. При увеличении сопротивления резистора напряжение генератора возрастает. Реле *K1* срабатывает при включении генератора, замыкая цепь питания магнитных усилителей.

**Блок защиты и управления БЗУ-376СБ.** Он обеспечивает автоматическое включение генератора ГТ-40ПЧ6 (рис. 5.2) на нагрузку при напряжении более 175—185 В и частоте блока 372—380 Гц и аварийное отключение генератора:

при увеличении напряжения более 220—230 В с выдержкой 0,4—0,7 с;

при уменьшении напряжения ниже 175—185 В с выдержкой (4 $\pm$ 0,6 с);

при уменьшении частоты ниже 372—380 Гц или увеличении частоты более 420—428 Гц с выдержкой (6 $\pm$ 0,9) с;

при коротком замыкании в зоне дифференциальной защиты, а также резервное питание всех элементов блока постоянным током напряжением 27 В.

#### Основные технические данные

Напряжение питания током, В:		
постоянным		27
переменным трехфазным частотой 400 Гц		208
»                  »                  » 800 Гц		45—51
Режим работы		длительный
Масса, кг		5,3

В состав данного блока входят:

блок защиты по напряжению БН-225/180 (*У1*), в котором установлен входной трансформатор ТНЗЛ5104А (*T*), выпрямительный мост *UZ1*, собранный на диодах Д237ОС, блоки измерения напряжения БИН-1В (*B2*) и БИН-1Б (*B1*), бесконтактное реле времени РВБТ-10П (*KT-1*), реле ТКН-21 ПОДГМ (*K10*), разделительные диоды Д237А (*VD7*) и Д223А (*VD8*);

блок защиты по частоте БЧ-848/752 (*У2*), в котором установлены блок измерения напряжения БИН-2А (*B3*), выпрямительный мост *UZ2*, собранный на диодах Д223А, стабилитроны блока *У2*, *VD1—VD2*, дроссель ДРП-4Т (*LL*), трансформатор ТН1Т908В (*77*) и конденсатор ССГ-2-100000 $\pm$ 0,3% (*C1*);

трансформатор ТНЗЛ10204А Э (*T2*);

электромагнитные реле ТКЕ24П1Г (*K1*, *K3*), ТКН21ПОДГ (*K2*, *K6*, *K8*), ТКЕ21ПОДГ (*K9*), ТКЕ22П1Г (*K5*), ТТЕ102КОДГ (*K6*); диоды *VD11—VD19*;

бесконтактное реле времени РВБТ-1-6 (*KT-2*).

Включение генератора на нагрузку. При установке переключателя *SA12* в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-10, переключатель *SA12*, контакты 5—4 реле *K2* блока БОГ-1 поступает на вывод 1 штыревого разъема

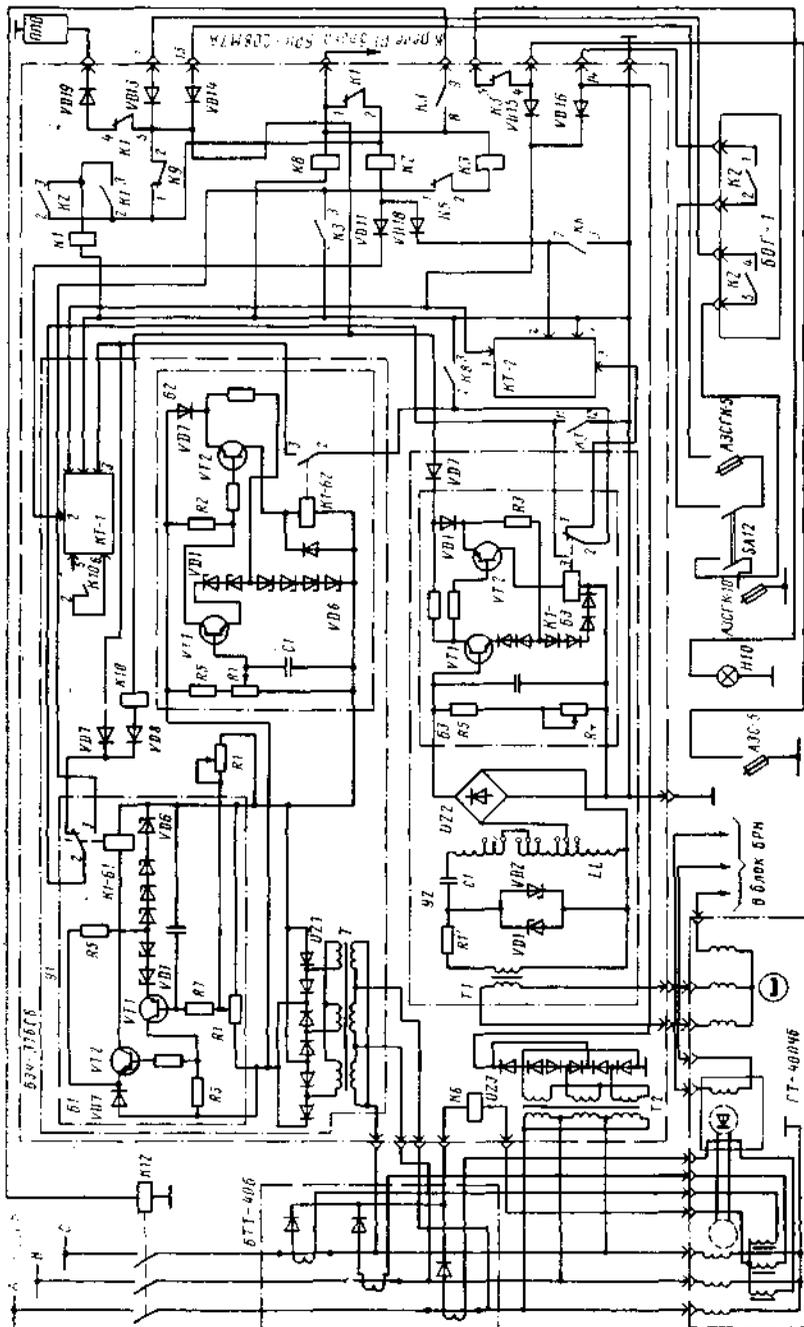


Рис. 5.2. Функциональная электрическая схема блока защиты и управления БЗУ-376СБ

блока БЗУ-376СБ. Резервное питание с вывода 14 этого блока через контакты 1—2 реле К2 блока БОГ-1, переключатель SA12, автомат защиты АЗСГК-5 поступает на вывод 13. Основное и резервное питание через разделительные диоды VD13 и VD14 подводится для питания элементов блока БЗУ-376СБ. Напряжение бортсети через диоды VD13, VD14, контакты 5—4 реле К1, диод VD19 поступает на электромагнит воздушной заслонки, которая открывается. Сжатый воздух подается от компрессора двигателя на турбину привода постоянных оборотов (ППО), и происходит раскрутка турбины ППО.

Напряжение бортсети через диоды VD13, VD14, контакты 2—1 реле К9, контакты 2—1 реле К1 следует на обмотку реле К1 блока БРН-208М7А, которое, срабатывая, включает возбуждение генератора. Напряжение бортсети через диоды VD13, VD14, контакты 2—1 реле К9, контакты 2—1 реле К1 поступает на обмотку реле К8, которое срабатывает. Минус бортсети через контакты 3—2 реле К8, контакты 2—1 реле К1—Б3 поступает на реле времени КТ-2, и оно начинает отсчет. Если за время менее ( $6\pm 0,9$ ) с частота генератора увеличится более 372—380 Гц, сработает реле К1—Б3 и контактами 2—1 отключит минус бортсети от реле времени КТ-2. Реле КТ-2 вернется в исходное положение.

Минус бортсети через контакты 3—2 реле К8, контакты 2—3 реле К1—Б3, контакты 2—1 реле К1—Б1, диод VD7 следует на реле времени КТ-1, и это реле начинает отсчет. Минус бортсети через контакты 2—1 реле К1—Б1, диод VD8 поступает на реле К10, которое размыкает контакты 1—2, перестраивая реле КТ-1 на выдержку ( $4\pm 0,6$ ) с. Если в течение ( $4\pm 0,6$ ) с напряжение генератора увеличится более 175—185 В, сработает реле К1—Б1 и отключит реле КТ-1 и оно вернется в исходное положение. Минус бортсети через контакты 2—3 реле К8, контакты 2—3 реле К1—Б3, контакты 2—3 реле К1—Б1, контакты 1—2 реле К5 поступает на обмотку реле К3. Напряжение бортсети на обмотке реле К3 следует через диоды VD13, VD14, контакты 2—1 реле К9 и контакты 2—1 реле К1.

Реле К3 срабатывает и через свои контакты 2—3 блокируется, а контактами 4—5 отключает лампу ГЕНЕРАТОР НЕ РАБОТАЕТ (Н10), сигнализирующие о включении генератора на сеть. Кроме того, реле К3 контактами 8—9 подает напряжение бортсети на обмотку контактора К12 (он, срабатывая, подключает генератор на сеть); при этом минус бортсети через контакты 12—11 реле К3 идет на контакты реле К1—Б1, обеспечивая после включения генератора на нагрузку независимость работы защиты по напряжению от защиты по частоте.

Аварийное отключение генератора при повышении или понижении напряжения осуществляет блок БН-225/180 (У1). Напряжение генератора понижается трансформатором Т, выпрямляется диодами

моста  $UZ1$  и подается на делитель входа блока  $B1$ , состоящий из резистора  $R1$ , и делитель (резисторы  $R5, R1$ ) входа блока  $B2$ .

Первый каскад каждого блока  $B1, B2$  представляет собой нелинейный мост с транзистором  $VT1$ , резистором  $R7$  блока  $B1$  и транзистором  $VT1$  блока  $B2$  в диагонали моста. Плечами моста являются: в блоке  $B1$  стабилитроны  $VD1—VD6$ , резистор  $R3$ , часть резистора  $R1$ ; в блоке  $B2$  стабилитроны  $VD1—VD6$ , резисторы  $R2, R5$  и часть резистора  $R1$ .

Транзистор  $VT1$  имеет проводимость  $n—p—n$  и открывается тогда, когда потенциал базы превышает потенциал эмиттера. Стабилитроны  $VD1, VD2$  поддерживают постоянным потенциал эмиттера при изменении напряжения, т. е. создают эталонное напряжение. Потенциал базы изменяется прямо пропорционально изменению напряжения генератора. Когда закрыт транзистор  $VT1$ , закрыт и транзистор  $VT2$ , который имеет проводимость  $p—n—p$ , и открывается тогда, когда потенциал эмиттера превышает потенциал базы. Применение транзисторов разной проводимости позволяет получить одновременно открытое или закрытое состояние транзисторов.

Для компенсации влияния температуры на напряжение стабилизации стабилитронов  $VD1, VD2$  последовательно с ними включены стабилитроны  $VD3—VD6$  в прямом направлении (следовательно, они имеют температурный коэффициент обратного по отношению к стабилитронам  $VD1, VD2$  знака). Таким образом, при повышении температуры напряжения стабилизации стабилитронов  $VD1, VD2$  увеличивается, падение напряжения на компенсационных стабилитронах  $VD3—VD6$  уменьшается, потенциал эмиттера остается постоянным. Для надежного закрытия транзистора  $VT2$  в цепь эмиттера транзистора введено отрицательное смещение за счет падения напряжения на диоде  $VD7$ .

Когда напряжение генератора повышается и становится выше 175—185 В, потенциал базы транзистора  $VT1$  блока  $B1$  увеличивается и становится выше потенциала эмиттера. При определенном превышении потенциала эмиттера транзистор открывается и реле  $K1—B1$ , срабатывая, замыкает контакты 2—3, через которые выдается сигнал на обмотку реле  $K3$  включения генератора на нагрузку.

При снижении напряжения ниже 175—185 В потенциал базы транзистора  $VT1$  блока  $B1$  уменьшается и становится ниже потенциала эмиттера. При этом транзистор  $VT1$  закрывается, следовательно, закрывается транзистор  $VT2$  и реле  $K1—B1$  отключается. Через контакты 2—1 реле  $K1—B1$  минус замыкается на реле  $K10$  через разделительный диод  $VD8, a$  через разделительный диод  $VD7$ —на включение реле  $KT-1$ . Реле  $K10$ , срабатывая, размыкает выводы 5—6 реле  $KT-1$ , перестраивая его на выдержку, равную  $(4\pm 0,6)$  с.

Если снижение напряжения длится более  $(4 \pm 0,6)$  с, то с вывода 2 реле *КТ-1* через разделительный диод *VD11* подключается минус на обмотку реле *К2*. Это реле, срабатывая, контактами 2—3 включает реле аварийного отключения генератора *К1*, и оно контактами 2—3 самоблокируется. Контактными 1—2 реле Л/ отключает:

реле *К3* включения генератора. Реле *К3*, отключаясь, контактами 8—9 отключает контактор *К12*, который отключает генератор от нагрузки, а контактами 4—5 реле *К3* включает лампу *Н10*, а контактами 11—12 подготавливает схему к повторной работе:

возбуждение генератора, контактами 5—4 — электромагнит привода постоянных оборотов ППО.

При повышении напряжения более 220—230 В срабатывает блок *Б2*, так как в этом случае резко возрастает потенциал базы транзистора *VT1* этого блока и при определенном превышении потенциала эмиттера транзистор *VT1* открывается. При этом на резисторе *R2* данного блока создается падение напряжения, понижающее потенциал базы транзистора *VT2*, и этот транзистор открывается. В результате срабатывания реле *К1—Б2*. Через свои контакты 2—3 оно включает реле *КТ-1*, которое начинает отсчет.

Если повышение напряжения длится более 0,4—0,7 с, реле *КТ-1* выдает сигнал с вывода 2 через диод *VD11* на реле *К2*. Реле срабатывает. Своими контактами 2—3 оно включает реле *К1*, при этом генератор отключается, как и при понижении напряжения.

Аварийное отключение генератора при повышении или понижении частоты выполняет блок *У2*. Напряжение номинальной частоты 800 Гц с подвозбудителя подается через трансформатор *T1* на стабилизатор напряжения, состоящий из резистора *R1'* и встречно включенных стабилитронов *VD1*, *VD2*. Стабилизатор питает прямоугольными постоянными по амплитуде импульсами переменного тока последовательный резонансный контур (конденсатор *C1*, дроссель *LL*), настроенный на резонансную частоту 800 Гц. На дроссель через выпрямительный мост *UZ2* включена цепь управления блока *Б3*, который работает аналогично блокам *Б1*, *Б2*.

Подбором числа витков дросселя *LL* и регулировкой резистора *R4* в блоке *Б3* его настраивают таким образом, что напряжение на его входе при частоте более 372—380 Гц и менее 420—428 Гц соответствовало напряжению срабатывания данного блока, при этом контакты 1—2 реле *К1—Б3* разомкнуты.

При уменьшении частоты ниже 372—380 Гц или увеличении свыше 420—428 Гц ток во внешней цепи последовательного резонансного контура уменьшается. Понижается и потенциал базы транзистора *VT1* блока *Б3*. При определенном превышении потенциала эмиттера над потенциалом базы транзистор закрывается, закрывается и транзистор *VT2* этого же блока, в результате чего реле *К1—Б3* отключается, замыкая контакты 1—2, через которые включается реле *КТ-2*. Если снижение или повышение частоты

длится более  $(6 \pm 0,9)$  с, это реле через разделительный диод *VD18* включает реле *K2*, а оно, в свою очередь, включает реле *K1*. Генератор отключается.

*Аварийное отключение генератора при коротком замыкании в зоне дифференциальной защиты.* Дифференциальная защита осуществляется двумя трансформаторами тока БТТ-40Б, обмотки которых включены встречно и через диоды питают обмотку реле *K6* в блоке БЗУ. При отсутствии короткого замыкания по обмотке реле *K6* течет незначительный ток небаланса трансформаторов тока. При коротком замыкании в зоне, охватываемой дифференциальной защитой, баланс напряжений трансформаторов нарушается. Реле *K6*, срабатывая, контактами 2—3 включает реле *K2*, которое включает реле *K1*, и генератор отключается.

*Резервное питание.* При аварии боргсети постоянного тока все элементы блока защиты и управления генератора питаются от резервного источника, который запитан напряжением трехфазного переменного тока и состоит из трансформатора *T2*, выпрямительного моста *UZ3* и емкостного фильтра.

**Блок отключения генератора БОГ-1.** Предназначен для выдачи сигнала на отключение генератора, когда частота вращения ротора авиадвигателя станет меньше  $3600 \pm 100$  мин<sup>-1</sup>.

#### Основные технические данные

Напряжение питания током, В:	
постоянным	27
переменным, частотой 0—765 Гц от тахогенератора ТГ-6Т	0—90
Потребляемый ток, Л:	
постоянный	0,5
переменный	0,025
Масса, кг	1,85

На панели блока БОГ-1 установлены реле ТКЕ-21ПОДГ (*K1*) (рис. 5.3) для подключения блока к тахогенератору ТГ-6Т, последовательный резонансный контур из дросселя ДРП-1АЭ (*LL*), конденсаторов *C1—C3* (контур настроен на резонансную частоту  $372 \pm 11$  Гц), понижающий трансформатор ТН1Т904С (*T1*) выпрямительный мост БДМ-4-1 (*UZ1*), поляризованное реле РСР-18/7 (*K3*), стабилитрон Д816А (*VD5*), реле ТКЕ-52ПОДГ (*K2*) для включения основного и резервного питания на блок БЗУ-376СБ, резисторы *R1*, *R2* (ОМЛТ-0,5-5,1К  $\pm 5\%$ , ППЗ-432ОК).

Блок функционирует следующим образом. Сигнал, с тахогенератора ТГ-6Т поступает на первичную обмотку трансформатора *T1* через контакты 2—1 реле *K1*, которые будут замкнуты после запуска двигателя и выхода на обороты более 3100 мин<sup>-1</sup> (до этого напряжение боргсети на обмотку реле *K1* поступает от панели запуска ПДА 154). Напряжение боргсети через вывод 5 блока отключения генератора идет на обмотку реле *K2* и через контакты // и Я реле *K3* — на минус. Реле *K2* срабатывает и контактами 5...1 и

1—2 отключает резервное и основное питание от блока БЗУ-376СБ, поэтому генератор на сеть не включается. После запуска двигателя отключается реле  $K1$ , первичная обмотка трансформатора подключается на тахогенератор ТГ-6Т. При увеличении оборотов и частоты переменного тока до 372 Гц в контуре наступает резонанс. Ток, протекающий через выпрямительный мост и обмотку реле  $K3$ , растет. Реле  $K3$  срабатывает и контактами  $Я$  и  $П$  отключает реле  $K2$ , а оно контактами 5—4 и 2—1 подает основное и резервное питание на блок БЗУ-376СБ.

Блок БОГ-1 настраивают переменным резистором  $R2$ . Стабилитрон  $VD5$  служит для ограничения значения напряжения на обмотке реле  $K3$ .

**Автомат переключения шин АПС-3М.** Он служит для переключения шины навигационного оборудования с сети / па сеть 3 при понижении напряжения на шинах сети /.

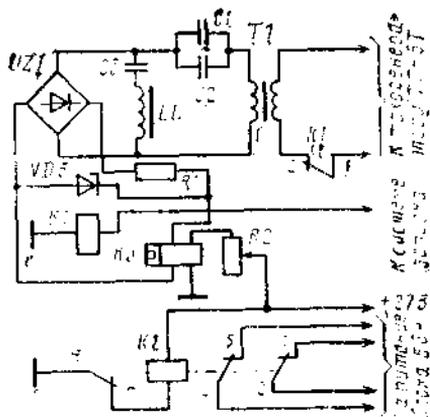


Рис. 5.3. Функциональная электрическая схема блока отключения генератора БОГ-1

#### Основные технические данные

Напряжение контролируемой сети, В	200
Частота, Гц	400
Напряжение питания цепей управления, В	27
Напряжение, при котором выдается сигнал на переключение, В	150
Задержка на переключение, с	0,15 0,4
Масса, кг	0,62

Автомат работает следующим образом (рис. 5.4). Напряжение сети 1 поступает на первичные обмотки трансформаторов  $T1—T3$ . С их вторичных обмоток оно выпрямляется диодами  $VD1, VD4, VD7$  и подводится на делители (резисторы  $R1$  и  $R2, R8$  и  $R10, R16$  и  $R18$ ). На транзисторах  $VT1—VT6$  собраны три полупроводниковых реле. Падение напряжения с резисторов  $R2, R10, R18$  плюс приложено к базам соответственно транзисторов  $VT1, VT3, VT5$ , которые будут открыты, а транзисторы  $VT2, VT4, VT6$  закрыты. На эмиттерах транзисторов  $VT1—VT6$  действует опорное напряжение, определяемое стабилитроном  $VD5$ .

Напряжение с коллекторов транзисторов  $VT2, VT4, VT6$  следует на логические схемы «ИЛИ» (резистор  $R28$ , диоды  $VD14, VD16, VD18$ ) и «И» (резистор  $R29$ , диоды  $VD15, VD17, VD19$ ). В исходном состоянии на выходе логических схем имеется напряжение,

примерно равное напряжению питания. Сигналом на входах и на выходе логических схем считают пониженное напряжение. У логической схемы «ИЛИ» большое напряжение на выходе обеспечивается подпоркой диодов  $VD14$ ,  $VD16$ ,  $VD18$ , большим напряжением на выходе полупроводниковых реле, т. е. напряжениями на коллекторах закрытых транзисторов  $VT2$ ,  $VT4$ ,  $VT6$ .

Со входов логической схемы «И» любое из больших напряжений с выхода полупроводниковых реле через диоды  $VD15$ ,  $VD17$ ,  $VD19$  поступает на выход. Понижение одного или двух напряжений на входе этой схемы не вызовет изменение напряжения на выходе, так как при этом диоды, на которых напряжения понизилось, окажутся закрытыми, а напряжение с оставшегося входа подводится на выход. Понизиться выходное напряжение может только в том случае, когда все три напряжения на входе также понизятся. Поэтому такая схема называется «схемой совпадения».

Напряжение с выхода логической схемы «ИЛИ» поступает на эмиттер транзистора  $VT12$ , который будет открыт. Ток транзистора  $VT12$  на резисторе  $R33$  создает падение напряжения, плюс

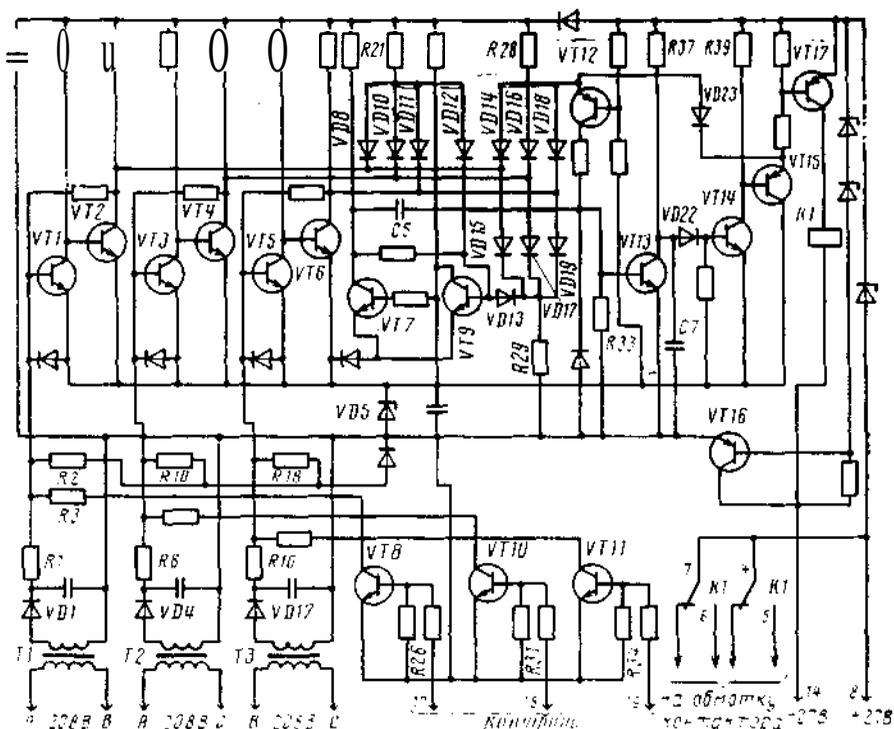


Рис. 54 Функциональная электрическая схему автомата переключения шин АПП-3М

приложенное к базе транзистора  $VT13$ , и этот транзистор будет открыт. Транзисторы  $VT14$ ,  $VT15$ ,  $VT17$  закрыты. Реле  $K1$ , служащее нагрузкой транзистора  $VT17$ , будет обесточено. Контакты реле  $K1$  будут разомкнуты, контактор  $K50$  (см. рис. 5.6) обесточен и через его контакты шины навигационного оборудования будут подключены на сеть  $I$ .

На резисторе  $R21$  (см. рис. 5.4) и диодах  $VD8$ ,  $VD10$ ,  $VD11$  собрана дополнительная логическая схема «ИЛИ». Сигнал с нее через диод  $VD12$  подается на схему «ПАМЯТЬ» (транзисторы  $VT7$ ,  $VT9$ ). Этим сигналом в исходном состоянии транзистор  $VT9$  открыт, а транзистор  $VT7$  закрыт.

При понижении одного из линейных напряжений, например между фазами  $A$  и  $B$ , ниже заданного значения выпрямленное напряжение на делителе  $R1—R2$  также падает и становится меньше опорного напряжения на стабилитроне  $VD5$ . Транзистор  $VT1$  закрывается, а транзистор  $VT2$  открывается. Через открытый транзистор  $VT12$  и диод  $VD14$  напряжение на выходе схемы «ИЛИ» шунтируется опорным стабилитроном  $VD5$ . Транзистор  $VT12$  закрывается, а транзистор  $VT13$  из режима насыщения переходит в режим отсечки. Конденсатор  $C7$  заряжается через резистор  $R37$ , поддерживая отрицательный потенциал на базе транзистора  $VT14$  (он будет закрыт). Через  $0,15—0,4$  с после заряда конденсатора  $C7$  транзистор  $VT14$  открывается.

Ток транзистора  $VT14$  на резисторе  $R39$  создает падение напряжения, минусом приложенное к базе транзистора  $VT15$ , который откроется и открывает транзистор  $VT17$ . Нагрузкой транзистора  $VT17$  служит обмотка реле  $K1$ . Реле включается и через свои контакты  $7—6$  и  $4—5$  подводит напряжение бортсети к обмотке контактора  $K50$  (см. рис. 5.6). Контактор  $K50$  срабатывает и отключает шину навигационного оборудования от сети  $I$  и подключает на сеть  $3$ .

При открытом транзисторе  $VT15$  (см. рис. 5.4) выход логической схемы «ИЛИ» шунтируется через диод  $VD23$ , т. е. автомат дополнительным сигналом самоблокируется. Восстановление напряжения между фазами  $A$  и  $B$  приводит в исходное состояние полупроводниковое реле, но это не вызывает восстановления напряжения на выходе схемы «ИЛИ». Автомат, сработав, останется в этом состоянии до снятия с самоблокировки кратковременным отключением напряжения питания  $27$  В.

Состояние схемы «ПАМЯТЬ» при этих условиях измениться не может, хотя напряжение на выходе дополнительной логической схемы «ИЛИ» при пониженном напряжении между фазами  $A$  и  $B$  также падает скачком. Это обеспечивается включением в цепь связи схемы «ИЛИ» со входом схемы «ПАМЯТЬ» диода  $VD12$ , пропускающего сигнал только в том случае, когда напряжение на выходе схемы «ИЛИ» выше напряжения на входе схемы «ПАМЯТЬ»

Диод  $VD13$  в цепи связи входа схемы «ПАМЯТЬ» со входом схемы «И», наоборот, открывается только в том случае, если напряжение на выходе схемы «И» ниже напряжения на входе схемы «ПАМЯТЬ». Работа схемы автомата аналогична и при изменении напряжения как между фазами  $B$  и  $C$ , так и между фазами  $A$  и  $C$ , и при изменении двух любых напряжений одновременно.

При уменьшении всех трех линейных напряжений автомат переключения также выдает сигнал на переключение навигационной шины на сеть  $Z$ , но в схеме автомата при этом происходит запоминание отсутствия всех напряжений. При восстановлении напряжений трех фаз с запоминающего устройства поступает сигнал снятия схемы автомата с самоблокировки и автомат возвращается в исходное состояние — шина навигационного оборудования снова подключается на сеть  $I$ .

При понижении всех трех линейных напряжений все три полупроводниковых реле срабатывают и понижают напряжение на входах логических схем. Сигнал с выхода логической схемы «ИЛИ» запускает реле времени, и через  $0,15—0,4$  с автомат включается. В этом случае и на выходе логической схемы «И» напряжение снизится, так как на всех трех входах ее происходит совпадение понижения напряжения. Напряжение на базе транзистора  $VT9$  становится выше напряжения с выхода схемы «И», диод  $VD13$  открывается, и схема «ПАМЯТЬ» переходит из одного устойчивого состояния в другое (транзистор  $VT7$  открывается, а транзистор  $VT9$  закрывается, происходит запоминание отсутствия всех напряжений).

Автомат в исходное состояние возвращается следующим образом. При восстановлении одного или двух линейных напряжений на выходе логической схемы «И» напряжение скачком возвращается до исходного уровня. Но этот сигнал не может изменить состояния схемы «ПАМЯТЬ», так как диод  $VD13$  включен обратной полярностью по отношению к этому сигналу. Поэтому схема «ПАМЯТЬ» возвращается в первоначальное положение только после восстановления всех трех контролируемых линейных напряжений. Схему «ПАМЯТЬ» приводит в исходное состояние сигнал с выхода дополнительной логической схемы «ИЛИ», так как только в этом случае напряжение на выходе схемы «ИЛИ» восстанавливается.

В схеме «ПАМЯТЬ» в режиме запоминания транзистор  $VT7$  открыт, поэтому конденсатор  $C5$ , первоначально заряженный почти до напряжения питания схемы, разряжается до напряжения стабилизации стабилитрона  $VD5$ . При возврате схемы в исходное состояние (когда напряжение на основной линии восстанавливается) транзистор  $VT7$  закрывается, конденсатор  $C5$  начинает заряжаться через резистор  $R33$ . На этом резисторе создается падение напряжения, минусом приложенное к базе транзистора  $VT13$ , кото-

рый открывается. Транзисторы *VT14*, *VT15* закрываются, и шунтирование логической схемы «ИЛИ» через диод *VD23* прекращается. Сигналом с выхода этой логической схемы транзистор *VT13* переходит в режим насыщения. При закрытии транзисторов *VT15*, *VT17* реле *K1* отключается. При этом отключается контактор *K50* (см. рис. 5.6) и шина навигационного оборудования снова подключается на сеть /.

Для устойчивой работы схемы при изменениях напряжения питания схема автомата питается через стабилизатор (напряжение стабилизации 15 В), собранный на транзисторе *VT16* (см. рис. 5.4).

Для предполетного контроля автомата в схему включены транзисторы *VT8*, *VT10*, *VT11*. При нажатии на кнопки проверки *SB28* напряжение бортсети через резисторы *R26*, *R31*, *R34* поступает соответственно на базы транзисторов *VT8*, *VT10*, *VT11*. Они открываются и шунтируют делители датчиков на общую минусовую шину схемы, имитируя уменьшение напряжения в сети 1.

**Коробка отсечки частоты КОЧ-62Б 2-й серии.** Она предназначена для переключения шины навигационного оборудования от сети 1 на сеть 3 при аварийном уменьшении частоты переменного тока в сети /.

#### Основные технические данные

Напряжение питания током, В:	
постоянным.	27
переменным частотой 400 Гц	200
Потребляемый ток, А:	
переменный.	0,055
постоянный.	0,2
Частота переменного тока, при котором выдается сигнал на переключение, Гц	370
Режим работы	длительный
Масса, кг	0,9

Электрическая схема (рис. 5.5) коробки работает следующим образом. Напряжение с шин генератора поступает на вход коробки (на первичную обмотку трансформатора *T1*). Со вторичной обмотки трансформатора получает питание последовательный резонансный контур (конденсаторы *C1—C5*, дроссель *LL*), настроенный на резонансную частоту 400 Гц. Напряжение с части контура выпрямляется диодами *VD1—VD4* и поступает на вход блока *У1* (резисторы *R5*, *R4*). Работа блока *У1* аналогична работе *У1—Б1* блока защиты и управления БЗУ-376СБ. При возрастании частоты генератора более 370 Гц ток на выходе контура увеличивается. Это приводит к увеличению потенциала базы транзистора *VT1*. Если потенциал базы этого транзистора превышает потенциал эмиттера, транзистор открывается. Ток транзистора *VT1* на резисторе *R1* создает падение напряжения, минусом приложенное на базу транзистора *VT2*. Транзистор *VT2* открывается, и поскольку его нагрузкой является обмотка реле *K1'*, оно срабатывает.

Напряжение со вторичной обмотки трансформатора выпрямляется диодами  $VD5—VD8$  и подводится через контакты 3—2 реле  $K1'$  на обмотку реле ТКН-21ПОДГМ ( $K1$ ), которое срабатывает и заблокируется через свои контакты 3—2. Схема готова к работе.

При аварийном падении частоты переменного тока снижаются ток на выходе контура и потенциал базы транзистора  $VT1$ . Когда частота переменного тока уменьшается ниже 370 Гц, транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$  закроются, а реле  $K1'$  отключится. Напряжение с выхода выпрямителя (диоды  $VD5—VD8$ ) через контакты 2—3 реле  $K1$ , контакты 2—1 реле  $K1$  поступит на обмотку реле ТКЕ-21ПОДГМ ( $K2$ ). Оно срабатывает и через свои контакты 2—3 напряжение бортовой сети подаст на обмотку силового контактора  $K50$  (см. рис. 5.6), который переключит шину навигационного оборудования на сеть 3.

**Распределение электроэнергии напряжением 200 В. Нормальный режим работы системы.** Основными источниками электроэнергии напряжением 200 В на самолете Ту-154Б служат четыре генератора ГТ-40ПЧ6 — три установлены на основных двигателях и один (резервный) на вспомогательной силовой установке (ВСУ). Параллельная работа генераторов переменного тока на самолете Ту-154Б не предусмотрена, каждый генератор работает на свою сеть.

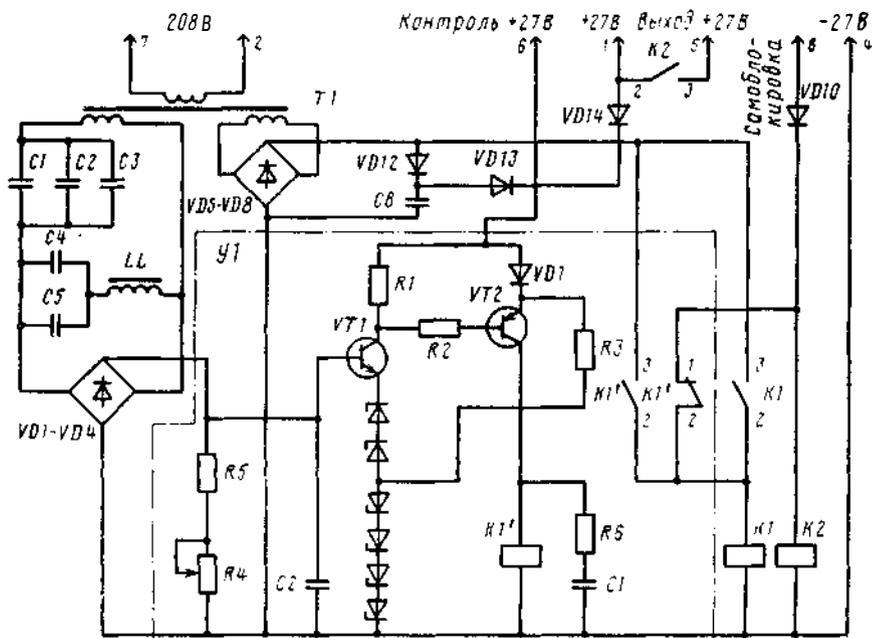


Рис. 5.5. Функциональная электрическая схема коробки отсечки частоты КОЧ-62Б 2-й серии

Генератор *G1* работает на сеть /, питающую следующие основные потребители: радионавигационное оборудование, системы управления самолетом, топливные насосы, освещение пассажирской кабины, выпрямительные устройства № 1, 3 (выпрямительное устройство № 3 может получать питание и от сети 3), насосную станцию третьей гидросистемы. Общая потребляемая мощность 23,2 кВ·А.

Генератор *G2* работает на сеть 2. От этой сети питаются противообледенительные устройства предкрылков с общей потребляемой мощностью 43,6 кВ·А.

Генератор *G3* работает на сеть 3, питающую следующие основные потребители: топливные насосы и топливную автоматику, систему кондиционирования, бытовое оборудование. Общая потребляемая мощность 12,2 и 13 кВ·А. При аварийных режимах работы системы и включенных противообледенительных устройствах предкрылков шина бытового оборудования с потребляемой мощностью 13 кВ·А автоматически отключается.

Для большей надежности работы системы переменного тока применено многократное резервирование.

При установке переключателей ЗППНТК (*1-SA12—3-SA12*) (рис. 5.6; на рисунке силовая цепь генератора показана жирными линиями) в положение ВКЛЮЧЕНО и достижении напряжения генератора 175—185 В и частоты 372—380 Гц по сигналу от блоков БЗУ-376СБ (*Б1—Б3*) срабатывают реле ТКЕ-56ПОДГ (*1-K18—3-K18*) и контакторы ТКС233ДОД (*K2, K17, K21*). При этом генераторы *G1—G3* подключаются соответственно на сети 1—3.

*Аварийные режимы работы системы.* Если противообледенительная система предкрылков отключена, возможны следующие варианты работы.

1. Генератор *G1* не работает, отключены реле *1-K18* и контактор *K2*, горит лампа ГЕНЕРАТОР НЕ РАБОТАЕТ (*1-H10*). Сеть 1 через контакты контакторов *K1* и *K2* подключена на генератор *G2*.

2. Генератор *G2* не работает, отключены реле *2-K18* и контактор *K17*, горит лампа *2-H10*.

3. Генератор *G3* не работает, отключены реле *3-K18* и контактор *K21*, сеть 3 через контакты контактора *K21* и *K20* подключена на генератор *G2*.

Если противообледенительная система предкрылков включена, то при установке выключателя *SA1* обогрева предкрылков в положение ОБОГРЕВ сработает реле ТКЕ54ПОДГ (*K26*). В этом случае возможны следующие режимы работы.

1. Генератор *G/* не работает, отключаются реле *1-K18* и контактор *K2*, генератор *G/* отключается от сети /, горит лампа *1-H10*. Напряжение бортсети через контакты реле *1-K18* и *K26* поступает на обмотку контактора ТКС133ДОД (*K1*), который срабатывает и сеть 1 подключит на сеть 3. Напряжение бортсети через контакты реле *1-K18, K26* и ТКЕ21ПОДГ (*K23*) подводится на обмотку

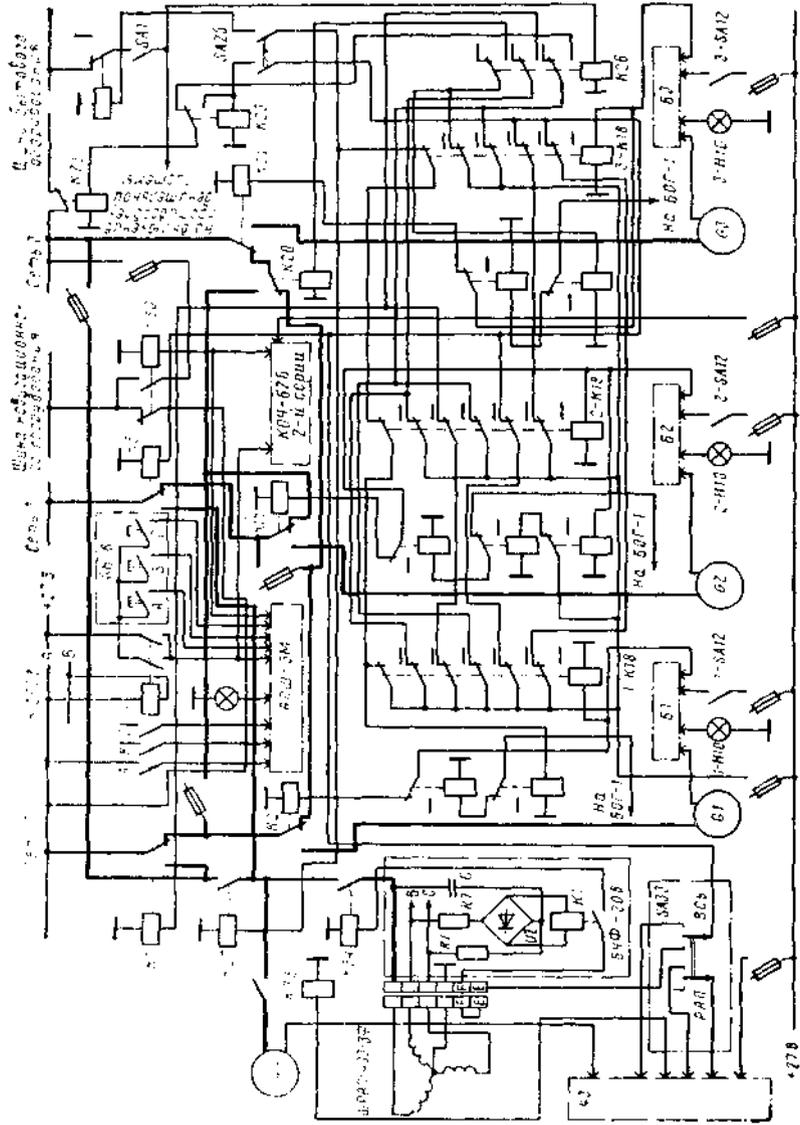


Рис. 5.6. Функциональная электрическая схема распределения электроэнергии напряжением 200 В

контрактора ТКС133ДОД (*K22*). Этот контактор срабатывает и отключает шину бытового оборудования от сети 3.

2. Генератор *G2* не работает, отключаются реле 2-*K18* и контактор *K17*, генератор *G2* отключается от сети 2, горит лампа 2-*H10*. Напряжение бортсети через контакты реле 2-*K18*, *K26* поступает на обмотку контактора *K1*, который срабатывает и сеть / подключает на сеть 3. Генератор *G1* через контакты контакторов *K2*, *K17* подключается на сеть 2. Напряжение бортсети через контакты реле 2-*K18*, *K26*, *K23* поступает на обмотку контактора *K22*. Он, сработав, отключает шину бытового оборудования от сети 3.

3. Генератор *G3* не работает, отключаются реле 3-*K18* и контактор *K21*, генератор *G3* отключается от сети, горит лампа 3-*H10*. Напряжение бортсети через контакты реле 3-*K18*, *K26* поступает на обмотку контактора ТКС233ДОД (*K20*), который срабатывает и сеть 3 через контакты контакторов *K21*, *K20* подключается на сеть /. Напряжение бортсети через контакты реле 3-*K18*, *K26*, *K23* подводится на обмотку контактора *K22*, который отключает шину бытового оборудования от сети 3.

4. Генераторы *G1* и *G2* не работают, а противообледенительные системы предкрылков включены. В этом случае снижают высоту полета до 3000 м, запускают ВСУ, а переключатель 2ППНТК (*SA33*) переводят в положение ВСУ. При достижении генератором ВСУ заданного напряжения и частоты переменного тока по сигналу от блока 43 защиты и управления сработает контактор ТКС203ДОД (*K38*) и подготовит генератор ВСУ к работе. Когда генераторы *G1* и *G2* не работают, отключаются их реле, контакторы и генераторы от сетей 1 и 2 и загораются их лампы 1-*H10*, 2-*H10*. Напряжение бортсети через контакты реле 1-*K18*, 2-*K18* поступает на обмотку контактора ТКС233ДОД (*K5*), который сработает и подключит генератор ВСУ 44 на сеть 2 и *K1*, и он, сработав, подключит сеть 1 на сеть 3.

Напряжение бортсети через контакты реле 1-*K18*, 2-*K18*, *K26*, *K23* поступает на обмотку контактора *K22*. Этот контактор сработает и отключит шину бытового оборудования от сети 3.

5. Генераторы *G2* и *G3* не работают, отключаются реле 2-*K18*, 3-*K18* и контакторы *K17*, *K21*, генераторы отключаются от сети 2 и 3 и загораются лампы 2-*H10*, 3-*H10*. Напряжение бортсети поступает:

через контакты реле 2-*K17*, 3-*K18* на обмотку контактора *K5*, который сработает и на сеть 2 подключит генератор ВСУ;

через контакты реле *K26* на обмотки контакторов *K1*, *K20*, и сети 1 и 3 подключатся на генератор *G1*;

через контакты реле *K26*, *K23* на обмотку контактора *K22*, который, сработав, отключит шину бытового оборудования от сети 3.

6. Генераторы *G1*, *G3* не работают, отключаются реле 1-*K18*, 3-*K18*, контакторы *K2*, *K21*, а генераторы—от сетей / и 3, при этом

загораются лампы 1-Н10 и 3-Н10. Напряжение бортсети поступает через контакты реле:

1-К18, 3-К18 на обмотку контактора К5. Этот контактор срабатывает и подключает генератор ВСУ на сеть 2;

1-К18, 3-К18, К26 на обмотку контакторов К1, К20, которые срабатывают и подключают сеть 3 на генератор 2;

3-К18, К26, К23 на обмотку контактора К22, который срабатывает и отключит шину бытового оборудования.

7. Генераторы G1, G2, G3 не работают, противообледенительная система предкрылков отключена, отключаются реле 1-К18, 3-К18, контакторы К2, К17, К21, генераторы отключаются от сетей 1, 2, 3 и загораются их лампы 1-Н10—3-Н10.

Напряжение бортсети поступает через контакты реле 1-К18—3-К18 на обмотку:

контактора ТКС203ДОД (К27). Контактор срабатывает и подключит генератор ВСУ на сеть 3;

контактора К1, который срабатывает и подключит сеть 1 на сеть 3;

реле К23, которое включается и подает напряжение бортсети на обмотку контактора К22. Контактор срабатывает и отключает шину бытового оборудования.

*Включение аэродромного источника переменного тока.* На самолете Ту-154Б установлен штепсельный разъем аэродромного питания ШРАП-400-3Ф. При подключении аэродромного источника и правильном чередовании фаз по сигналу от блока БЧФ-208 срабатывает реле К1 в блоке чередования фаз БЧФ-208 и подготовит цепь питания обмотки контактора ТКС203ДОД (К34). Для включения аэродромного источника переключатель РАП—ВСУ (SA33) переводят в положение РАП.

При включении блока БЧФ-208 в сеть трехфазного переменного тока получается несимметричная звезда напряжений за счет того, что в одну из фаз (А) схемы блока включен конденсатор С, а в две другие фазы — резисторы R1, R7. Сопротивление всех трех фаз приблизительно одинаковы. При правильном чередовании фаз трехфазного переменного тока наибольшее фазное напряжение несимметричной звезды получается в фазе В, в которую через выпрямитель VZ включена обмотка реле К1, которое срабатывает — подготавливает цепь питания обмотки контактора ТКС203ДОД (К34). При неправильном чередовании фаз трехфазного переменного тока наибольшее напряжение получается меньше величины срабатывания реле, и аэродромный источник на бортсеть самолета не включается.

Напряжение бортсети поступает через контакты реле 1-К18—3-К18:

на переключатель SA33 в положении РАП, выводы £ и F разъема ШРАП-400-3Ф, контакты реле К1, на обмотку контактора К34. Он срабатывает и подготовит цепь включения аэродромного источника;

на обмотку контактора *K27*. Контактор сработает и подключит аэродромный источник на сеть *3*;

на обмотки контакторов *K1*, *K5*, которые подключат сети / и 2 на сеть *3*.

После запуска одного из основных двигателей и включения его генератора на бортовую сеть сработает реле *1-K18* или *2-K18*, или *3-K18* и отключит контактор *K27*, при этом аэродромный источник работает на сеть *2*, а генератор — на сеть *1* и *3*. В этом случае шина бытового оборудования отключается.

После запуска второго основного двигателя и включения его генератора сработает реле *2-K-18* или *3-K18*. Контактор *K34* обесточивается. Аэродромный источник отключается от бортовой сети самолета.

**Распределение электроэнергии напряжением 36 В.** Источником электроэнергии переменного тока напряжением 36 В является основная система электроснабжения переменным током напряжением 200 В частотой 400 Гц, энергия которой преобразуется трансформаторами ТС330С04Б в электроэнергию переменного трехфазного тока напряжением 36 В частотой 400 Гц.

Трансформаторы включаются автоматически, после того как будет включена основная система электроснабжения. Напряжение и частота в системе не регулируются и зависят от напряжения и частоты основной системы электроснабжения.

Соединение обмоток трансформаторов выполнено по схеме «треугольник — звезда».

**Примечание.** Следует помнить, что большинство потребителей переменного тока 36 В имеет обратное чередование фаз, в связи с этим фазы трансформаторов переменного тока напряжением 36 В соответствуют фазам шин следующим образом: *A—A*, *B—C*, *C—B*.

**Работа системы.** Оба трансформатора *T2* и *T8* рабочие и питают каждый свою сеть, левую и правую (рис. 5.7).

#### Основные технические данные трансформатора ТС330С04Б

Напряжение на обмотках, В:	
первичных	200
вторичных	36
Частота, Гц	400
Ток нагрузки, А	48
Выходная мощность, В·А	3000
Коэффициент мощности	0,8
Режим работы	длительный
Срок службы, ч	2000
Масса, кг	9

Вторичные обмотки трансформатора *T2* подключены через нормально замкнутые контакты контактора ТКД-533ДОД (*K1*) на шины левой сети, вторичные обмотки трансформатора *T8* подключены через нормально замкнутые контакты контактора ТКД-533ДОД (*K2*) на шины правой сети.

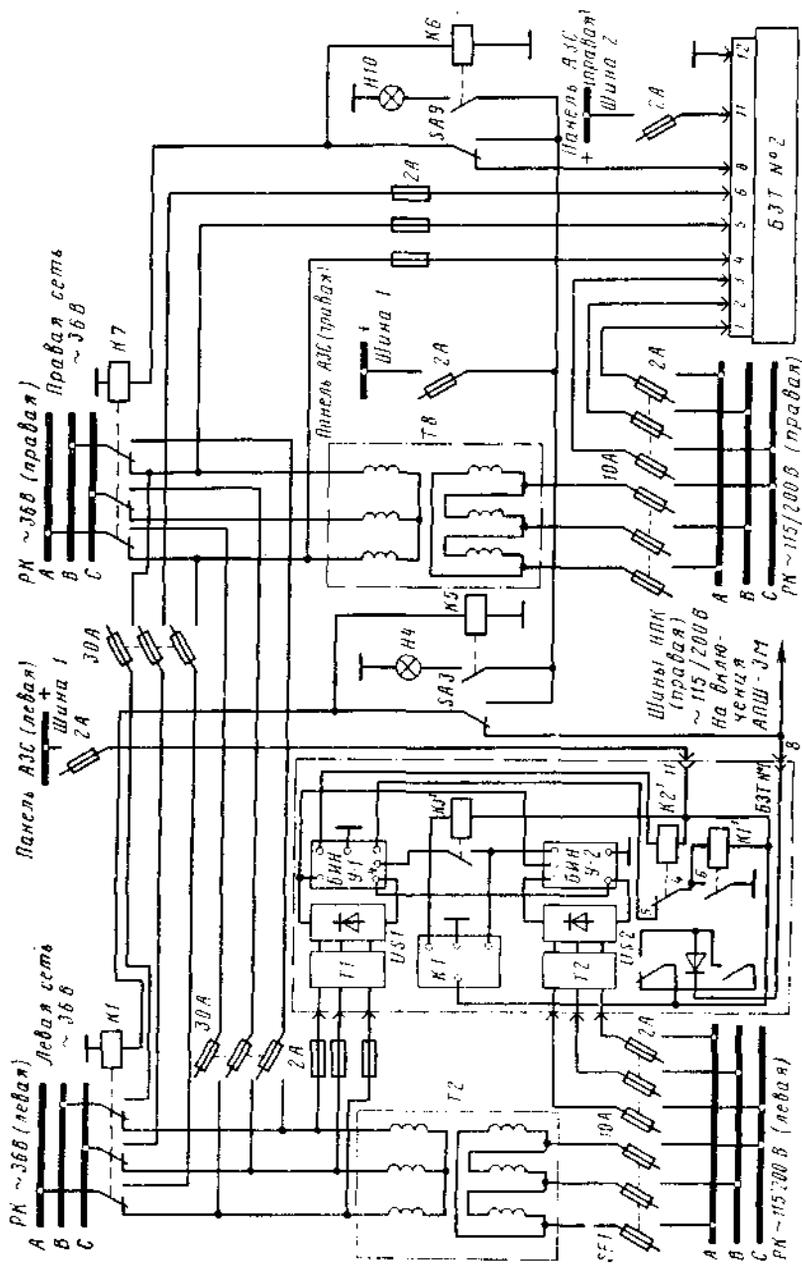


Рис. 57. Функциональная электрическая схема включения трансформаторов

Для увеличения надежности схемой предусмотрено переключение сетей, которое обеспечивает подключение правой сети к трансформатору  $T2$  или левой сети к трансформатору  $T8$ .

Переключение осуществляется автоматически по сигналам блоков БЗТЛ № 1 или 2 защиты трансформаторов  $T2$  и  $T8$  при авариях в первичной или во вторичной цепях трансформаторов.

Блок БЗТ-1 производит переключение при следующих неисправностях: междуфазовых коротких замыканиях; трехфазных коротких замыканиях; обрывах в одной, двух или трех фазах; коротких замыканиях или обрывах в цепях первичной и вторичной обмоток трансформатора.

В блоке защиты трансформаторов БЗТ-1 применена релейно-силовальная схема.

Чувствительными элементами этой схемы служат блоки измерения напряжения БИИ ( $X-1$ ,  $X-2$ ), которые реагируют на все виды симметричных и несимметричных аварий первичной и вторичной сетей трехфазного переменного тока.

В нормальном режиме БЗТ-1 получает питание через клемму  $11$  и подготавливает схему к работе.

При авариях в первичной или вторичной цепи трансформатора  $T2$  в блоке измерения напряжений срабатывает реле, включающее реле времени ( $KТ$ ), которое выдает сигнал с выдержкой времени, исключающей ложное срабатывание блока БЗТ-1, на реле  $K1'$  или  $K2'$  в зависимости от того, в какой цепи произошла авария.

Реле  $K1'$  или  $K2'$ , сработав, подает напряжение на обмотку контактора  $K1$  переключающего шины левой сети переменного трехфазного тока на питание от шин правой сети. При этом срабатывает реле ТКЕ 2НЮДГ ( $K5$ ) и включает сигнальную лампу ( $И14$ ) ЛЕВ СЕТЬ НА Г2.

На случай отказа блока БЗТ-1 № 1 в схеме управления имеется переключатель ПИГ-15К ( $SA3$ ) для принудительного включения контактора  $K1$  и переключения левой сети на правую. Также происходит переключение шип правой сети на шины левой.

Первичные обмотки трансформаторов получают питание с шин навигационных потребителей напряжением 200 В частотой 400 Гц в левой и правой распределительных коробках (РК) переменного тока напряжением 115/200 В через автомат защиты АЗЗК-10 ( $S11$ ), блок БЗТ-1 № 1 получает питание с шин РК переменного тока напряжением 36 В левой, блок БЗТЛ № 2 с шин РК переменного тока напряжением 36 В правой. Предусмотрено принудительное подключение работающего трансформатора на сеть отказавшего трансформатора при помощи переключателя  $SA3$  или  $SA9$ .

Цепи управления блоков БЗТ-1 № 1 и 2 подключены к шине постоянного тока левой и правой панели автоматов защиты через АЗСГК-2 Трансформаторы и блоки защиты установлены в переднем отсеке.

Для питания наиболее важных потребителей на самолете установлены два преобразователя ПТС-250 № 1 и 2, которые получают питание от аккумуляторных батарей. Преобразователь ПТС-250 № 1 работает постоянно при включении авиагоризонта АГР-72А. Преобразователь № 2 работает в случае аварии в системе питания переменным током 36 В (рис. 5.8). Преобразователи ПТС-250 № 1 и 2 обеспечивают питание свои шины.

В случае аварийного повышения или исчезновения хотя бы в одной фазе переменного напряжения на шинах ПТС-250 № 1 (при нормальной работе системы электроснабжения) срабатывает схема переключения автомата АПП-1А (7), снимается напряжение с вывода 7 разъема автомата 7, обесточивается обмотка контакторов ТКД-133ДОД (*K5*) и ТКД-2010ДГ (*K8*) и реле *K1*. При этом загорается лампа (*H2*) ПТС-250 № 1 НЕ РАБОТАЕТ, а шина ПТС-250 № 1 подключается к правой сети питания от трансформатора *T8*.

Контроль работы автомата АПП-1А на земле осуществляется с помощью трех кнопок КНР (*SB6*), установленных под крышкой на щитке, над левой панелью автоматов защиты. При необходимости преобразователь ПТС-250 № 1 можно включить, не включая авиагоризонт, выключателем *SA3*.

При нормальной работе системы электроснабжения шины ПТС-250 № 2 получают питание от трансформатора *T2* (левая сеть). В аварийном режиме преобразователь ПТС-250 № 2 включается на свои шины автоматически при помощи автомата АПШ-3М (*I7*).

При нормальной работе система электроснабжения АПШ-3М не работает. Он включается в случае аварии в первичной или вторичной цепи трансформатора *T2*. Сигнал включения на вывод 8 подается с блока защиты трансформатора БЗТ-1 № 1 (с контактора переключения левой сети на правую) через нормально замкнутые контакты реле ТКЕ-24П1Г (*K14*). Одновременно срабатывает реле ТКЕ-24П1Г (*K18*), подключающее АПШ-3М к шинам ПТС-250 № 2. Автомат начинает контролировать напряжение на шинах ПТС-250 № 2, которые после отказа трансформатора *T2* переключились на питание от трансформаторов *T8*.

При отказе трех генераторов или при аварии в первичной или вторичной цепи трансформатора *T8* (повысилось или исчезло хотя бы в одной фазе переменное напряжение на шинах ПТС-250 № 2) срабатывает схема переключения автомата АПШ-3М. При этом питание с вывода 12 автомата АПШ-3М поступает на реле ТКЕ-24П1Г (*K16*), которое самоблокируясь, одной парой нормально разомкнутых контактов включает контакторы *K10* и *K12*, а другой через нормально замкнутые контакты реле *K14* включает лампу (*H15*) ПТС-250 № 2 НА СЕТЬ.

Контактор *K10* включает преобразователь ПТС-250 № 2 на аккумуляторные батареи, а контактор *K12* подключает выработанное преобразователем переменное трехфазное напряжение к шинам

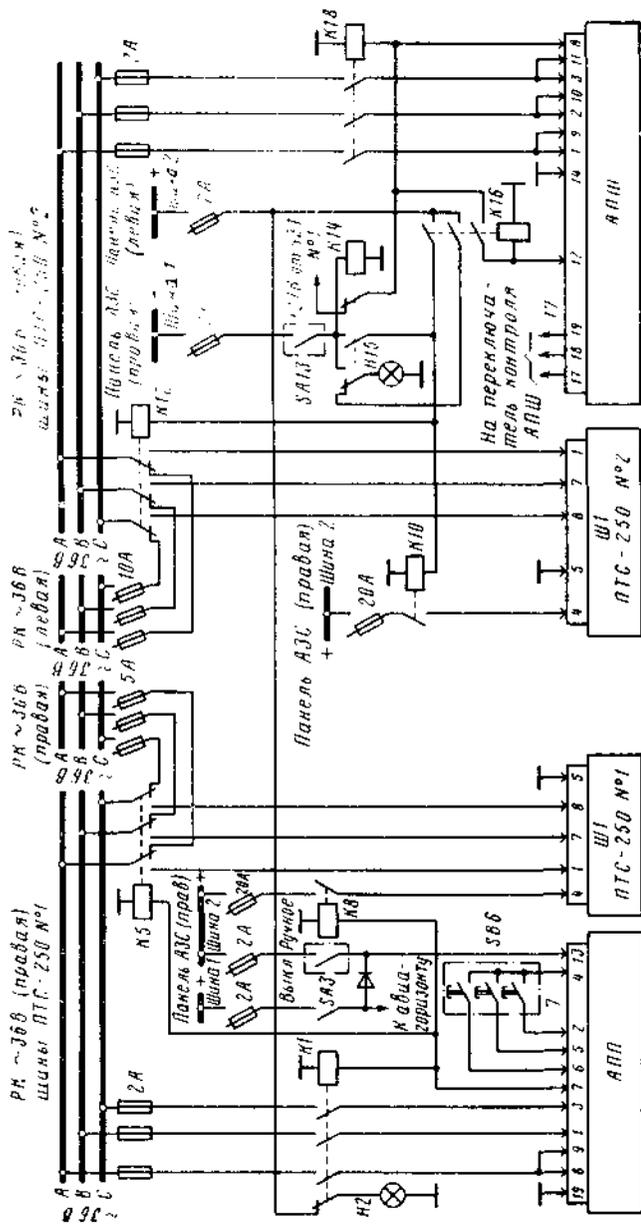


Рис. 5.8. Функциональная электрическая схема включения преобразователей ТТС-250

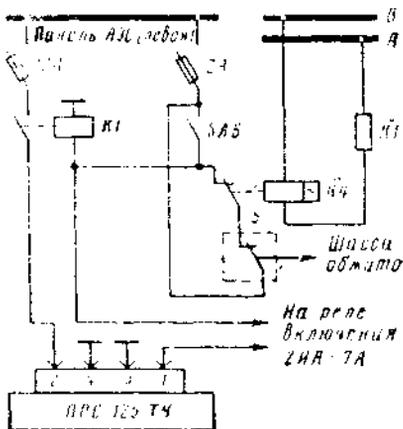


Рис. 5.9. Функциональная электрическая схема включения преобразователя ПОС-125Т4

вому борту. Трансформатор  $T2$  установлен на левом борту в районе шпангоутов № 11, 12,  $T8$  — в районе шпангоутов № 12, 13 по оси самолета. Блоки защиты БЗУ № 1 и 2 установлены в районе шпангоутов № 9, 10 по левому и правому бортам соответственно.

Контроль и управление системой электроснабжения трехфазным переменным током напряжением 36 В осуществляются с панели энергоузла на пульте бортинженера. Напряжение в сетях контролируется бортовым вольтметром, который подключается к фазам  $AB$ ,  $BC$ ,  $CA$  галетным переключателем, а для шин ПТС-250 и выключателем.

Для питания аппаратуры 2ИА-7А однофазным переменным током 115 В предусмотрены аварийный источник питания — преобразователь ПОС-125Т4 (2) (рис. 5.9), который подключается к аккумуляторным батареям.

Преобразователь включается при исчезновении переменного напряжения 200 В на шинах  $A$  и  $B$  в распределительной коробке переменного тока напряжением 115—200 В [РК ~ 115/200 В (правая)]. При этом обмотка реле  $K4$  обесточивается, и через его нормально замкнутые контакты питание подается на контактор ТКД1010ДГ ( $K1$ ) включения преобразователя.

На земле для исключения работы преобразователя ПОС-125Т4 при включении основной системы электроснабжения предусмотрено блокировка его автоматического включения с помощью реле и концевого выключателя обжатия стойки шасси. Для включения преобразователя ПОС-125Т4 на земле и принудительного включения его в полете схемой предусмотрен выключатель  $SA6$ , установленный на панели энергоузла.

ПТС-250 № 2. При необходимости (например, в случае отказа АПШ-3М) схемой предусмотрено принудительное включение преобразователя ПТС-250 № 2 выключателем  $SA13$ . Контроль работы аппарата АПШ-3М на земле осуществляется с помощью трех кнопок, закрытых крышкой, и галетного переключателя, установленных на щитке, над левой панелью автоматов защиты.

Преобразователи ПТС-250 № 1 и 2 установлены в районе шпангоута № 15. Аппарат АПП-1А и автомат АПШ-3М установлены в переднем техническом отсеке, первый в районе шпангоута № 10—11 по левому борту, второй в районе шпангоутов № 13, 14 по правому борту.

Проверка линейного напряжения в левой и правой сетях системы электро снабжения переменным током напряжением 36 В осуществляется одновременно с включением под ток основной системы электроснабжения. Для этого необходимо галетный переключатель сети 36 В поочередно установить в положения *AB*, *BC* и *CA* для левой и правой сетей. Напряжение должно быть в пределах 35—39,5 В.

Для проверки напряжения на шинах ПТС-250 необходимо включить их принудительно. Установив выключатель ПТС-250 № 2—1 в положение № 1, проверить линейное напряжение на шинах ПТС-250 Л» 1 при помощи галетного переключателя сети 36 В по всем фазам. Затем, установив выключатель ПТС-250 У» 2—1 в положение № 2, также проверить напряжение на шинах ПТС-250 № 2. Напряжение должно быть в пределах  $36 \pm 1,8$  В.

Проверка блоков БЗТ-1 № 1 и 2 производится поочередно. Для проверки блока БЗТ-1 № 1 необходимо выключить автомат защиты АЗСГК-2, установленный в РК ~ 115/200 (левая). При этом блок выдает сигнал на включение контактора *KI* и загорается лампа *H4* ЛЕВ. СЕТЬ НА Т8. После проверки блока БЗТ-1 № 1 для приведения схемы в исходное состояние необходимо включить автомат защиты, выключить и вновь включить автомат защиты питания на панели автоматов защиты левой. Проверка блока БЗТ-1 № 2 производится аналогично.

Одновременно с проверкой блока БЗТ-1 № 1 производится проверка автомата АПШ-3М преобразователя ПТС-250 № 2. После срабатывания блока БЗТ-1 № 1 (горит лампа ЛЕВ. СЕТЬ НА Т8) питание поступит на обмотку реле *K18* и на вывод 8 АПШ-3М (17).

Для проверки автомата необходимо:

установить галетный переключатель КОНТРОЛЬ АПШ на щитке над левой панелью автомата защиты в положение ПТС-250 № 2;

поочередно нажимая на кнопки *a*, *b* и *c*, установленные под крышкой ниже галетного переключателя, проверить срабатывание АПШ-3М. Загорание лампы ПТС-250 № 2 НА СЕТЬ на панели энергоузла свидетельствует о включении автомата преобразователя ПТС-250 № 2.

Проверка автомата АПП-1А осуществляется при его работе с преобразователем ПТС-250 № 1 с помощью трех кнопок с трафаретами ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ, СИММЕТРИЧ. НЕИСПРАВНОСТЬ, НЕСИММЕТРИЧ. НЕИСПРАВНОСТЬ, закрытых общей крышкой на щитке над левой панелью автоматов защиты.

При кратковременном нажатии кнопки автомат АПП-1А (7) срабатывает и выключает преобразователь ПТС-250 № 1. Загорается лампа (*H2*) ПТС-250 № 1 НЕ РАБОТАЕТ.

**Особенности системы трехфазного переменного тока самолета Ту-154М.** На самолете установлена система СПЗСЗБ-40 (рис. 5.10), аналогичная системе переменного трехфазного тока самолета Ту-154Б (без параллельной работы генераторов). Агрегаты этих систем аналогичны, но в систему СПЗСПЗБ-40 дополнительно входят еще следующие агрегаты:

блок регулирования частоты БРЧ-62БМ;

концевой выключатель А-812, который срабатывает при достижении максимальных оборотов генератора и замыкает цепь питания обмотки реле ТКЕ52ПОДГ (*K16*), которое, срабатывая, подает напряжение бортсети на электромагнит (*У1*) закрытия аварийной заслонки привода постоянных оборотов (ППО), и частота вращения ротора генератора уменьшается:

центробежный выключатель *SR*, который срабатывает при достижении ротором турбины ППС максимально допустимых обо-

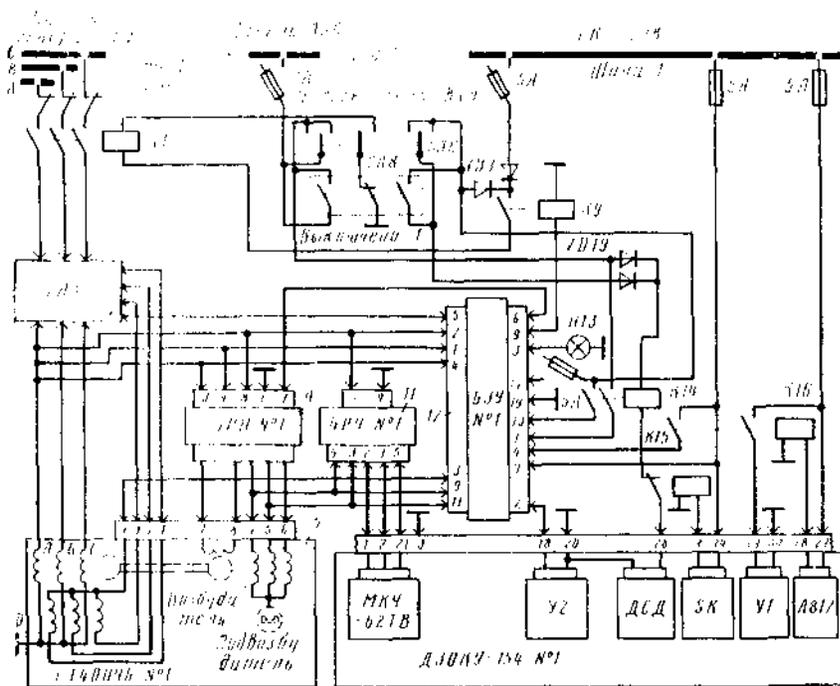


Рис. 5.10. Функциональная схема комплекта системы СП3СЗБ-40

ротов и замыкает цепь питания обмотки реле ТКЕ21ПОДГ (*K15*). Реле *K15*, срабатывая, размыкает цепь питания обмотки реле ТКЕ52ПОДГ (*K14*), которое, выключаясь, снимает питание с блока БЗУ, и генератор отключается от бортовой сети самолета; дифференциальный сигнализатор давления (ДСД) срабатывает после запуска двигателя и выхода его на обороты малого газа и замыкает минусовую цепь питания обмотки реле *K14*, которое, срабатывая, подготавливает блок БЗУ к работе;

электромагнит *У2* открытия дроссельной заслонки ПШО срабатывает по команде от блока БЗУ, когда напряжение генератора превышает 175—185 В и частота 372—380 Гц;

механизм коррекции частоты МКЧ-62ТВ 2-й серии.

**Блок регулирования частоты БРЧ-62БМ.** Он предназначен для поддержания стабильной частоты генератора переменного тока.

#### Основные технические данные

Напряжение питания, В	
постоянного тока	27±2,7
переменного трехфазного тока	
частотой 400 Гц	116,6—121,4
"      800 Гц	47±*

Потребляемый ток, А:	
от сети постоянного тока	не более 0,2
от сети переменного тока:	
частотой 400 Гц	не более 0,8
»    800 Гц	не более 0,3
Режим работы	длительный
Масса, кг	А

Блок БРЧ-62БМ состоит: из блока измерения активной мощности БИАМ-1М ( $У1$ ) (на самолете не задействован), блока измерения частоты БИЧ-1М ( $У2$ ), блока магнитного усилителя БУМ-1М ( $У3$ ).

Исполнительным элементом системы регулирования частоты служит механизм коррекции МКЧ-62ТВ 2-й серии, который воздействует на настройку регулятора привода постоянных оборотов.

Блок 2 представляет собой два последовательных резонансных контура, настроенных на резонансные частоты  $f = 740$  и  $860$  Гц (первый контур состоит из дросселя  $LL1$  и конденсатора  $C2$ , а второй — из дросселя  $LL2$  и конденсатора  $C5$  (рис. 5.11).

Резонансные контуры рассчитаны таким образом, что при номинальной частоте  $f = 800$  Гц токи в контурах равны и сдвинуты относительно друг друга на  $180^\circ$  (рис. 5.12).

При уменьшении частоты ниже номинальной ток в контуре / увеличивается, а в контуре // уменьшается, при этом изменяется разность потенциалов точек  $A$  и  $B$  на выходе блока. В данном случае при уменьшении частоты потенциал точки  $L$  выше потенциала точки  $B$ , и выпрямительный ток от точки  $A$  протекает по обмотке управления  $W_y$  магнитного усилителя  $УМ1$  в точку  $B$  (см. рис. 5.11).

При увеличении частоты выше номинальной ток в контуре // увеличивается, а в контуре / уменьшается. Потенциал в точке  $B$  становится выше потенциала в точке  $A$ , и ток в обмотке  $W_y$  управления магнитного усилителя  $УМ1$  изменяет направление. Так как характеристики резонансных контуров несколько несимметричны (в силу неидентичности элементов контура), то симметрия контуров достигается подрегулированием резонансных токов резистором  $R2$ .

Блок  $У3$  — двухкаскадный усилитель. Первым каскадом служит магнитный усилитель  $УМ1$ , вторым — магнитные усилители  $УМ2$  и  $УМ3$ . Магнитный усилитель  $УМ1$  по соединению рабочих обмоток  $W_p$  представляет собой два обычных магнитных усилителя с внутренней обратной связью, имеющих общие обмотки управления. Полярность подключения рабочих обмоток этих магнитных усилителей обеспечивает работу первого каскада по двухтактной схеме.

Две обмотки управления  $W_y$  ( $УМ1$ ) намотаны на все четыре сердечника. Нагрузкой каждой пары рабочих обмоток  $W_p$  являются обмотки управления  $W_y$  магнитных усилителей второго каскада, т. е.  $УМ2$  и  $УМ3$ .

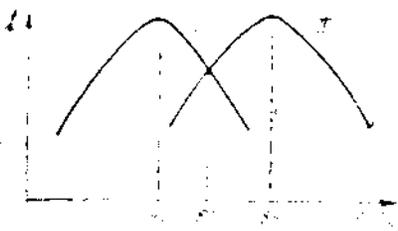
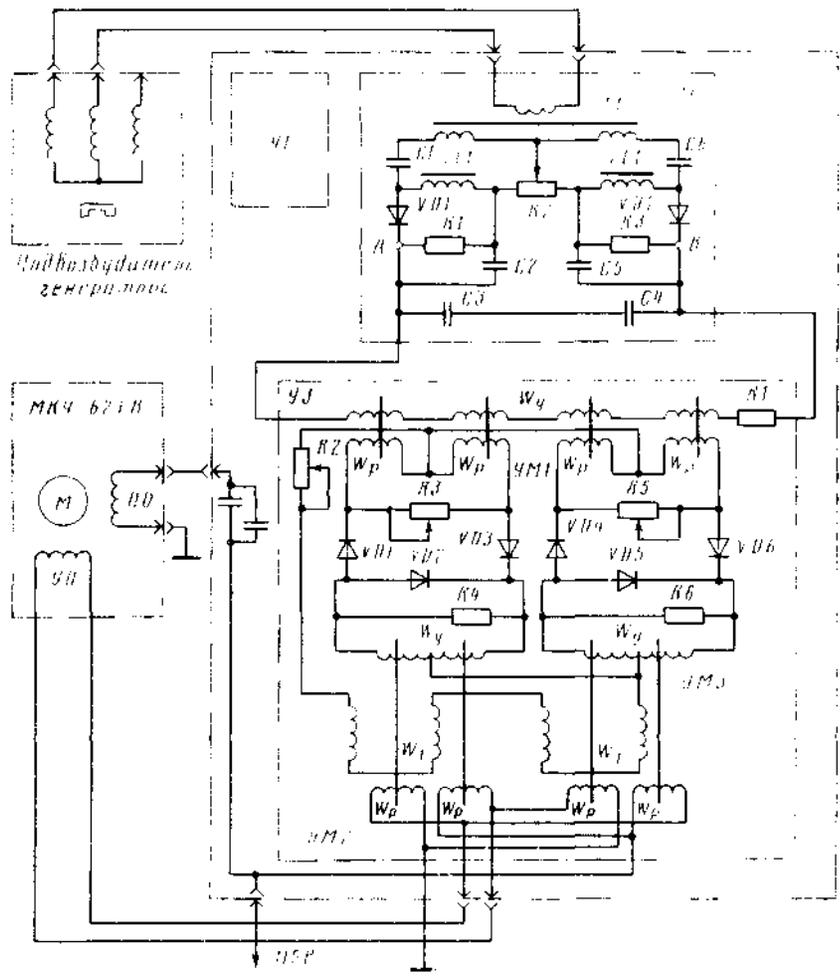


Рис. 5.11. Функциональная электрическая схема блока БРЧ

Рис. 5.12. Характеристика резонансных контуров

При отсутствии сигналов в обмотках управления магнитного усилителя  $УМ1$  по его рабочим обмоткам  $W_p$  протекает ток холостого хода, при этом напряжение выхода магнитных усилителей второго каскада будет равно нулю. При появлении сигналов в обмотках управления магнитного усилителя  $УМ1$  одна пара сердечников подмагничивается, другая размагничивается, и соответственно изменяются токи в рабочих обмотках усилителя.

Ток одной пары рабочих обмоток, сердечники которой в данный момент размагничиваются, уменьшается, ток другой пары, сердечники которой подмагничиваются, увеличивается. Следовательно, при одном и том же токе управления магнитного усилителя  $УМ1$  токи рабочих обмоток магнитных усилителей  $УМ2$  и  $УМ3$  различны.

Рабочие обмотки магнитных усилителей  $УМ2$  и  $УМ3$  соединены по мостовой схеме (рис. 5.13). Такое соединение обеспечивает изменение тока в нагрузке не только по величине, но и по фазе.

Питание магнитных усилителей  $УМ2$  и  $УМ3$  осуществляется фазным напряжением генератора, а  $УМ1$  — через трансформаторную обмотку магнитных усилителей  $УМ2$  и  $УМ3$ . Величина тока в цепи рабочих обмоток магнитного усилителя  $УМ1$  может быть изменена резистором  $R2$ . Этим путем изменяется максимальное значение напряжения на обмотке управления двигателя механизма коррекции частоты МКЧ-62ТВ.

При работе генератора напряжение подвозбудителя подается на трансформатор  $T1$  для питания резонансных контуров. Процесс регулирования частоты протекает следующим образом: при уменьшении частоты переменного тока ниже номинальной ток контура, настроенного на резонансную частоту 760 Гц, возрастает, а ток контура, настроенного на резонансную частоту 840 Гц, уменьшается. Таким образом, потенциал точки  $A$  становится выше потенциала точки  $B$ , и по обмотке управления  $W_y$  магнитного усилителя  $УМ1$  будет протекать ток, который создаст магнитный поток, намагничивающий левую пару сердечников и размагничивающий правую пару сердечников. В результате этого ток одной пары рабочих обмоток, сердечники которой подмагничиваются, увеличится, а ток другой пары рабочих обмоток, сердечники которой размагничиваются, — уменьшится.

Нагрузкой левой пары рабочих обмоток служит управляющая обмотка магнитного усилителя  $УМ2$ , а нагрузкой правой пары рабочих обмоток — управляющая обмотка магнитного усилителя

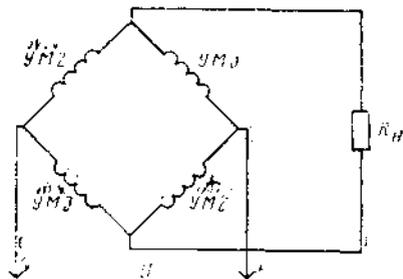


Рис. 5.13. Функциональная электрическая схема включения обмоток магнитных усилителей

АМЗ. В данном случае ток, протекающий по управляющей обмотке магнитного усилителя УМ2, возрастет, а ток, протекающий по управляющей обмотке магнитного усилителя УМ3, уменьшится. Соответственно ток в рабочих обмотках магнитного усилителя УМ2 увеличится, а ток в рабочих обмотках магнитного усилителя УМ3 уменьшится. Так как рабочие обмотки этих усилителей включены по мостовой схеме, а в диагональ моста включена управляющая обмотка механизма коррекции частоты МКЧ-62ТВ, то изменение тока в рабочих обмотках усилителей УМ2 и УМ3 вызовет изменение тока в управляющей обмотке электродвигателя механизма коррекции частоты. Это изменение вызовет вращение вала электромеханизма МКЧ-62ТВ против часовой стрелки, что приведет к увеличению частоты вращения генератора, а следовательно, и к увеличению частоты переменного тока.

При увеличении частоты переменного тока схема работает аналогично описанному ранее, только в обратном порядке.

**Распределение электроэнергии постоянного тока напряжением 27 В.** Основными источниками электроэнергии постоянного тока служат три выпрямительных устройства ВУ-6А, два из них рабочие и одно резервное. Аварийными источниками электроэнергии постоянного тока служат четыре аккумуляторные батареи 201КБН-25, которые обеспечивают питанием потребители, необходимые для продолжения полета, а также обеспечивают запуск ВСУ в полете.

Система электроснабжения постоянным током состоит: из источников электроэнергии, распределительной сети, приборов контроля и управления.

ВУ получает питание от шин основной системы энергоснабжения переменного трехфазного тока напряжением 200 В частотой 400 Гц. Каждое ВУ работает в комплекте с дифференциально-минимальными реле ДМР-200ВУ. Регулирование напряжения в сети постоянного тока не предусмотрено, стабильность его обеспечивается напряжением первичной сети. ВУ служит для преобразования электрической энергии трехфазного переменного тока напряжением 200 В частотой 400 Гц в электрическую энергию постоянного тока напряжением 28,5 В (рис. 5.14). В сети постоянного тока ВУ может быть использовано: при одиночной работе и работе параллельно с аккумуляторными батареями; при параллельной работе нескольких устройств как между собой, так и с аккумуляторными батареями.

#### Основные технические данные ВУ

Напряжение питания, В	208
Число фаз	3
Выходное напряжение, В	28,5
Отдаваемый ток, А	200
Частота переменного тока, Гц	400
Потребляемый ток, А	5
Срок службы, ч	2000

Конструктивно ВУ состоит из следующих агрегатов и деталей:

электродвигателя АДС-130 (*M*);  
 трансформатора ТС360С048 (*T1*);  
 трех кремниевых диодов ПВКЛ-200-4П (*VD1—VD3*) и трех ПВКЛ-200-4 (*VD4—VD6*);

фильтра радиопомех, состоящего из конденсатора *C1—C6* и трасселей *LL1...LL3*;

дресселей *LL4—LL6* и конденсаторов *C7—C8*, которые составляют Г-образный фильтр для сглаживания пульсаций выпрямительного напряжения;

конденсатора *C9*, который снижает коммутационные пики напряжения, возникающие при работе диодов.

**Принцип работы.** Трансформатор *T1* понижает напряжение 208 В частотой 400 Гц до 28,5, которое выпрямляется диодами, собранными по трехфазной мостовой схеме. Полученное на выходе моста пульсирующее напряжение сглаживается Г-образным фильтром и поступает для питания бортовой сети самолета.

Охлаждение выпрямительного устройства воздушное, с помощью встроенного вентилятора. На самолете установлено три ВУ (№ 1 и 2 — рабочие, № 3 — резервное).

**Электрическая схема включения ВУ** (рис. 5.15). Выпрямительные устройства № 1 и 2 (6, 7) включаются на бортсеть после включения генераторов основной (первичной) системы электропитания переменным током напряжением 200 В и аккумуляторных батарей переключателями 2ГПНТ-К (*SA18, SA19*) (ВУ № 1 и 2), при этом срабатывают контакторы ТКД503ДОД (*K1, K2*), первичные обмотки основных блоков ВУ (6, 7) включаются на напряжение 200 В (сеть № 1 и 3) и одновременно срабатывают реле СПЕ-22ПОДГ (*A'7, K5*), подготавливая к работе реле ДМР-200ВУ (8, 9). При достижении напряжения на выходе ВУ более 24 В реле ДМР срабатывает и подключит ВУ № 1 (6) на бортсеть постоянного тока. Напряжение питания с вывода *C* реле ДМР поступает на обмотку реле ТКЕ-211ЮДГ (*K21*), которое срабатывает и выключит лампу *H20* сигнализации ВНИМАНИЕ СЕТЬ ОТ АККУМУЛЯТ. Аккумуляторные батареи останутся подключенными к сети постоянного тока параллельно выпрямительным устрой-

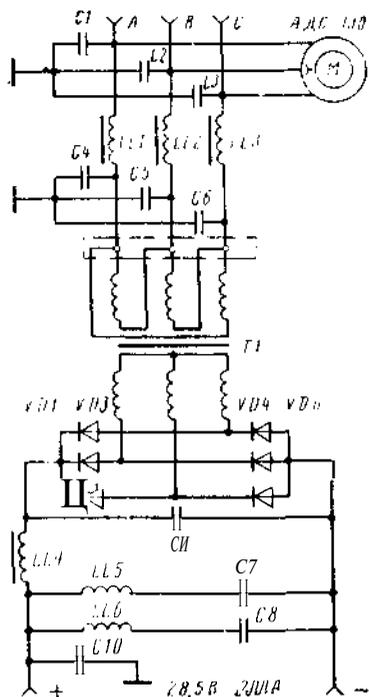


Рис. 5.14. Функциональная электрическая схема выпрямительного устройства ВУ-6А

вам и встанут на подзарядку, а вся система электроснабжения постоянным током будет работать в основном полетном режиме.

В полете переключение сети постоянного тока напряжением 27 В с рабочих ВУ № 1 или 2 на резервный производится автоматически при коротких замыканиях в ВУ или его фидере, а также при понижении напряжения менее 9,5 В, т. е. при срабатывании реле ДМР на отключение. При этом напряжение питания с вывода Л реле ДМР поступает на обмотку реле ТКЕ-21ПОДГ (K16 или K17), которое, срабатывая, замыкает свои контакты, включает контактор ТКД-503ДОД (K3) или ТКД-533ДОД (K4), в зависимости от того, какое реле ДМР сработало на отключение, и включают резервное ВУ на сеть № 1 или 3.

Примечание. В полете при неполной нагрузке в сети постоянного тока (менее 15 л на ВУ Л № 1 или 2) возможно автоматическое включение резервного ВУ, что в данном случае не является отказом ВУ № 1 или 2 или их реле ДМР. При этом исправность ВУ и его реле ДМР необходимо проверить на земле по отдаваемому току ВУ и его напряжению.

С помощью переключателя SA18 или SA19, установив его в положение РЕЗЕРВНЫЙ, можно включить резервное ВУ на бортовую сеть постоянного тока. При этом напряжение питания через контакты переключателя SA18 или SA19 и блокировочное реле

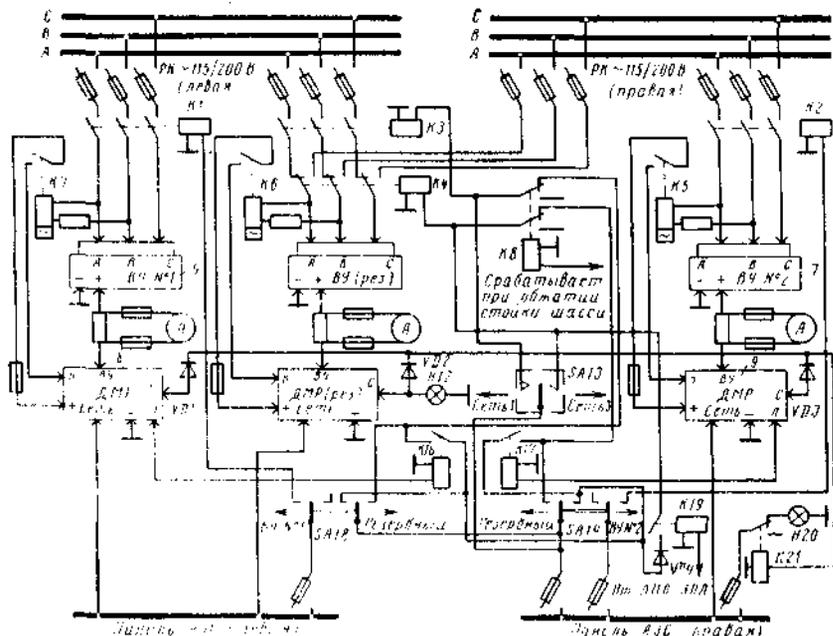


Рис. 15. Функциональная электрическая схема включения ВУ БА на бортовой

ТКЕ-22ПНГ (К8) поступает на обмотку контактора К3 или К4, которое, срабатывая, включает резервное ВУ на сеть № 1 или 3. На земле включение резервного ВУ блокируется контактами реле К8, обмотка которого получает питание через контакты концевой выключателя обжатого положения левой стойки шасси.

Для проверки работоспособности резервного ВУ на земле служит переключатель ПНГ-15 (SA13). При установке переключателя SA13 в положение СЕТЬ 1 или СЕТЬ 3 срабатывает контактор К3 или К4 и подключает резервный ВУ на первичную сеть напряжением 200 В.

Кроме того, резервный ВУ автоматически подключается при запуске вспомогательной силовой установки (ВСУ) от бортовых выпрямительных устройств с помощью контактора К4, обмотка которого получает питание через диод VD4 и контакты реле ТКЕ-21ПОДГ (К19). Реле К19 срабатывает по сигналу от автоматической панели запуска ВСУ АПД-30А. Работа резервного ВУ сигнализируется загоранием лампы РАБОТАЕТ РЕЗЕРВНЫЙ ВУ (H12), которая получает питание с вывода С реле ДМР.

Аккумуляторные батареи, емкостью 25 А·ч каждая, используются для питания наиболее важных потребителей и для запуска ВСУ при выходе из строя основной системы электроснабжения. В нормальном режиме работы параллельно включенные аккумуляторные батареи сглаживают пульсации в сети постоянного тока.

Для включения аккумуляторных батарей на бортовую сеть четыре выключателя ВГ-15к (SA29) установить в положение ВКЛЮЧЕНО, при этом срабатывают контакторы ТКС-101ДОД (К32), ТКС-201ДОД (К33) и аккумуляторные батареи подключают на бортовую сеть (рис. 5.16). Для автономного запуска ВСУ в полете при отказе трех генераторов имеется отключаемая от основной сети постоянного тока шина запуска ВСУ, питание которой осуществляется от аккумуляторных батарей № 1 и 2. Шина запуска ВСУ электрически соединяется с общей шиной контактором ТКС-401ДОД (К36), обмотка которого получает питание через диод VD17 и нормально замкнутые контакты реле ТКЕ-21ПОДГ (К30 или К31).

При отказе в полете всех основных генераторов [все три реле ТКЕ-21ПОДГ (К27) обесточены] на время запуска ВСУ шина запуска ВСУ автоматически отключается от общей сети. Во время запуска срабатывает реле ТКЕ-21ПОДГ (К31) и размыкает цепь питания обмотки контактора К36. После выхода ВСУ на режим реле К31 обесточивается, срабатывает контактор К36 и шина запуска ВСУ подключается на общую сеть. На стоянке для исключения такого отключения при принудительно выключенных генераторах, когда основная система электроснабжения получает питание от аэродромного источника переменного тока напряжением 200 В, цепь питания обмотки реле К31 разомкнута контактами реле ТКЕ-21ПНГ (К34), срабатывающего при обжатии стойки шасси.

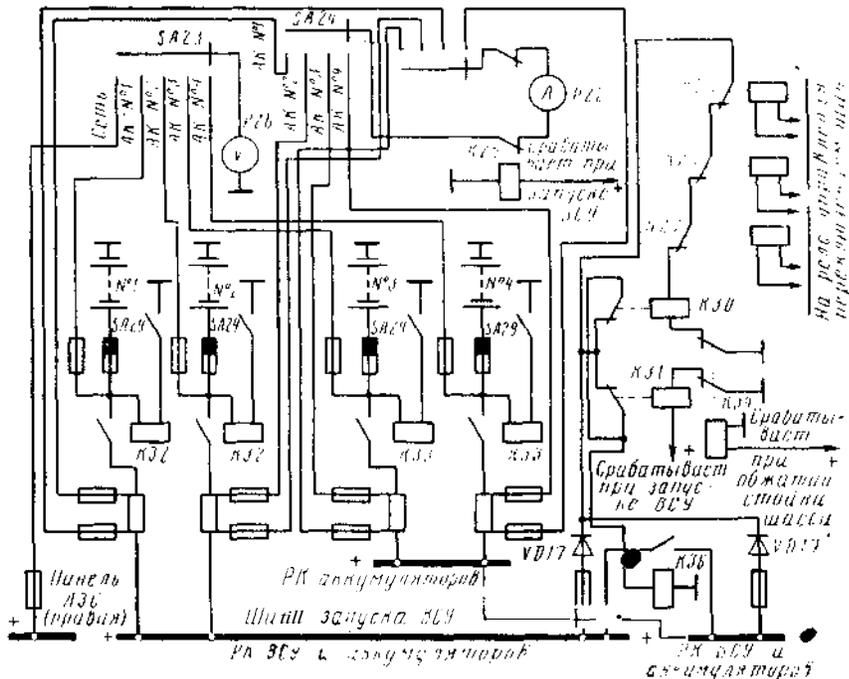


Рис. 5.16. Функциональная электрическая схема включения аккумуляторных батарей

Контроль за напряжением в системе электроснабжения постоянным током осуществляется вольтметром *P26* и переключателем 11П1Н-К (*SA23*). Амперметр *P22* служит для замера потребляемого тока от аккумуляторных батарей. Подключение его к аккумуляторным батареям производится переключателем 5П2Н-К (*SA24*). На время запуска ВСУ срабатывает реле ТКЕ-22П11 (*K25*) и отключает амперметр.

### 5.3. СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ САМОЛЕТА ЯК-42

На самолете установлена система энергоснабжения СПЗСЗБ-30 трехфазного переменного тока напряжением 200/115 В частотой 400 Гц и является основной (первичной) системой.

Расшифровка обозначения системы: СП — система переменного тока, 3 — трехфазная, С — стабилизированной частоты, 3 — три генератора, т. е. три канала электроснабжения, Б — без применения параллельной работы, 30 — мощность каждого генератора (кВ·А).

Каждый генератор системы переменного тока подключается к шинам своего центрального распределительного устройства (ЦРУ). Работоспособность каждого канала не зависит от других источников электроэнергии. Предусмотрено автоматическое объединение шин ЦРУ при отказах в энергосистеме, а также при подключении к бортовой сети аэродромного источника питания или генератора ВСУ. Для подключения наземного источника питания трехфазного переменного тока напряжением 200 В частотой 400 Гц на борту установлен штепсельный разъем ШРАП-400-3Ф.

Основным источником питания потребителей однофазным переменным током напряжением 115 В является бортовая сеть переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В частотой 400 Гц. В дополнение к основному источнику питания потребителей переменного тока напряжением 115 В частотой 400 Гц в систему электроснабжения, помимо генератора ВСУ, установлен аварийный источник — преобразователь однофазный статический ПСОС-1000А.

Потребители трехфазного переменного тока напряжением 36 В частотой 400 Гц питаются от шин бортовой сети переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В через два силовых понижающих трансформатора ТС320С04А. При отказе основной системы переменного трехфазного тока напряжением 36 В некоторые наиболее важные потребители переменного тока получают питание от преобразователя трехфазного статического ПТС-800АМ.

Основными источниками электроэнергии постоянного тока являются два выпрямительных устройства, работающие каждый на свой канал и преобразующие напряжение основной системы переменного трехфазного тока напряжением 200 В в постоянный ток напряжением 27 В.

Аварийными источниками электроэнергии постоянного тока служат две аккумуляторные батареи 201КБН-40. Аварийные источники обеспечивают питание потребителей, необходимых для продолжения полета, а также обеспечивают запуск ВСУ в полете. Для подсоединения наземного источника питания постоянного тока на борту установлен штепсельный разъем ШРАП-500К.

Распределение электроэнергии напряжением 200 В. В комплект системы СПЗСЗБ-30 входят: три генератора переменного тока ГТ-30НЖЧ-12; три блока регулирования напряжения БРН120Т5А; три блока защиты и управления БЗУСН376Т, три блока трансформаторов тока БТТ-30БТ, три монтажные рамы РМБ-1Б, четыре автомата переключения шин АПШ-3М.

Кроме того, на самолете имеется генератор ГТ-40ПЧ6, установленный на газотурбинном двигателе ТА-6В и используемый в качестве аварийного источника питания. Генератор работает в комплекте с блоками: регулирования напряжения БРН208М7А, защиты и управления БЗУ-376СБ, трансформаторов типа БТТ-40Б.

**Блок регулирования напряжения БРН120Т5А 2-й серии.** Он предназначен для поддержания в заданных пределах напряжения

трехфазного переменного тока напряжением 200/115 В частотой 400 Гц. Расшифровка обозначения: Б — блок, Р — регулирования, Н — напряжения, 120 — напряжение (в В), Т — тропического исполнения, 5А — серия, индекс.

### Основные технические данные

Напряжение питания, В:	
постоянного тока	24 — 29,4
трехфазного тока частотой 800 Гц	22 — 29
Напряжение регулирования (фазное), В	117
Потребляемый ток, л:	
постоянный	0,5
переменный частотой 400 Гц	4,04
> „ „ 800 Гц	1,3
Диапазон ручной подрегулировки напряжения, в	+5... 4
Масса, кг	1,9

Блок состоит из следующих функциональных узлов: измерительного органа (ПО), фазосдвигающего устройства (ФСУ), трех формирователей импульсов ( $\Phi 1-\Phi 3$ ), выходного усилителя мощности (УМ), стабилизирующего контура (СК).

В качестве измерительного органа применен нелинейный мост. Напряжение генератора выпрямляется трехфазным однополупериодным выпрямителем, собранным на диодах, сглаживается конденсаторами и поступает на вход нелинейного моста (рис. 5.17).

На выход моста подключен переход эмиттер — база транзистора. При положительном напряжении на выходе моста транзистор частично или полностью открыт, при нулевом или отрицательном напряжении закрыт. При изменении величины положительного напряжения изменяется ток базы транзистора, чем достигается изменение сопротивления между его эмиттером и коллектором.

Фазосдвигающее устройство (ФСУ) предназначено для сдвига фазы трехфазного напряжения, идущего для управления формирователями импульсов. Формирователь импульсов предназначен для формирования управляющего импульса, включающего соот-

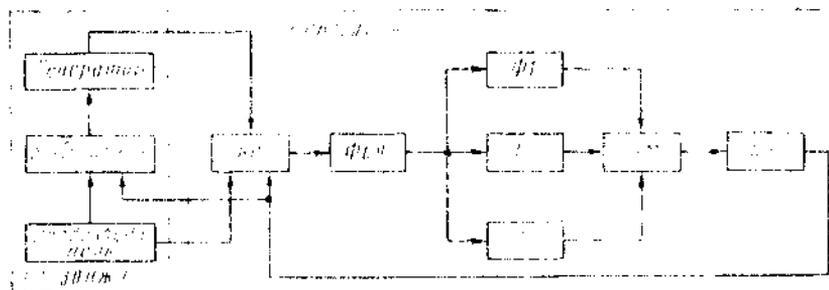


Рис. 5.17 Структурная схема блока регулирования напряжения BRN120T5A

ветствующий тиристор выходного усилителя мощности. Усилитель мощности представляет собой управляемый выпрямитель, собранный на диодах и тиристорах. Нагрузкой выпрямителя служит обмотка возбуждения возбудителя генератора. Стабилизирующий контур служит для исключения возникновения в системе автоколебаний.

При увеличении напряжения генератора выше заданного увеличивается напряжение на входе измерительного органа, что в конечном итоге приводит к уменьшению тока на выходе усилителя мощности и в обмотке возбуждения возбудителя. Электродвижущая сила, наводимая в рабочих обмотках возбудителя, уменьшается, что приводит к уменьшению тока возбуждения генератора и его напряжения до номинального значения.

**Блок защиты и управления БЗУСП376Т**, Он обеспечивает автоматическое включение генератора ГТ-30ПЖЧ-12 на нагрузку при фазном напряжении более  $(104 \pm 3)$  В и частоте более 370—380 Гц, автоматическую проверку всех защит и аварийное отключение генератора:

при увеличении фазного напряжения более  $(130+3)$  В с выдержкой  $(4+0,6)$  с;

при уменьшении фазного напряжения ниже  $(104+3)$  В с выдержкой  $(6+0,9)$  с;

при уменьшении частоты ниже 370--380 Гц или увеличении частоты более 420--430 Гц с выдержкой  $(4 \pm 0,6)$  с;

при уменьшении частоты ниже 320—335 Гц или увеличении частоты более 465—480 Гц без выдержки времени;

при коротком замыкании в зоне дифференциальной защиты.

Расшифровка обозначения: Б — блок, З — защита, У — управления, С — сетевой, П — может использоваться и при параллельной работе генераторов, 376 — минимальная частота, Т — тропического исполнения.

#### Основные технические данные

Напряжение питания током, В:		
постоянным	24	29,4
переменным трехфазным частотой 640 960 Гц	12	24
Потребляемый ток, А:		
постоянный но более		4
переменный частотой 640 960 Гц не более		2,4
Режим работы		длительный
Масса, кг		3,8

В состав данного блока входят: плата стабилизатора ПСБ2, блок частотной защиты БСГ45600, блок раздельной работы БСТБ1А, блок усилителей БУС9, блок параллельной работы БСП11, блок синхронизатора БСН30.

**Система электроснабжения трехфазного переменного тока напряжением 200/115 В.** Она обеспечивает питание потребителей ли-

нейным напряжением 220 В и фазным напряжением 115 В. Система, кроме аппаратуры автоматического поддержания параметров в заданных пределах, имеет средства визуального контроля и ручного управления, расположенные на верхнем и правом пультах в кабине экипажа. Для сигнализации выхода из строя каждого канала системы электроснабжения переменным током установлены сигнальные лампы ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА (Н13 Н22 Н35) (рис.5.18).

Подключение к бортсети генератора ВСУ контролируется по загоранию сигнальной лампы ГЕНЕРАТОРЫ ВСУ РАБОТ (Н198), отказ генератора ВСУ контролируется по загоранию сигнальной лампы ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ВСУ (Н158). Для контроля исправности каналов установлены кнопки КОНТРОЛЬ ИСПРАВ КАНАЛА ГЕНЕРАТОРА (SB163, SB165, SB167).

При подключении к бортсети разъема аэродромного питания ШРАП-400-3Ф (47) загорается сигнальная лампа 200 В ВКЛЮЧЕНО АЭР. ЭЛ. ПИТ. (Н100), установленная на верхнем пульте, и

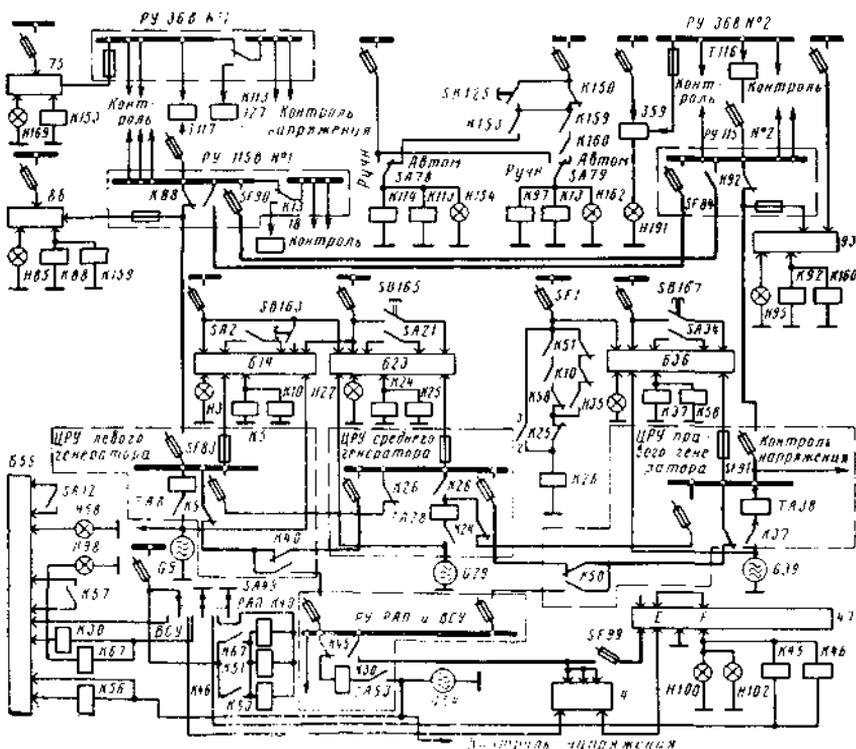


Рис. 5.18. Функциональная электрическая схема распределения электроэнергии переменного тока

сигнальная лампа АЭР. 200 В (*H102*), установленная рядом с разъемом.

При отказе электропитания в левом или правом борту загорается сигнальная лампа ОТКАЗ 200/115 В ЛЕВ. БОРТ (*H85*) или ОТКАЗ 200/115 В ПРАВ. БОРТ (*H95*). При одновременном отказе двух бортов электропитания также загораются сигнальные лампы АВАР. 115 В (*H62*) и АВАР. 36 В (*H154*). Напряжение контролируется вольтметром ВФС), 4-150К, частота — частотомером ЧФ4-1К.

*Нормальный режим работы системы.* При наличии в бортовой сети питания постоянного тока напряжением 27 В срабатывают реле выдержки времени в блоке БЗУСП376Т (БЗУ), подготавливающие систему к работе. Блоки БЗУ и БРН (блок регулирования напряжения) установлены на раме РМБ-1Б (*B14, B23, B36*) соответственно для левого (*G9*), правого (*G39*) и среднего (*G29*) генераторов.

После запуска левого двигателя и установки выключателя ВГ-15К (*SA2*) в положение ГЕНЕРАТОРЫ ЛЕВ. при выходе генератора на номинальный режим работы за время, меньшее выдержки реле времени в блоке БЗУ, подается питание на обмотки контактора ТКС133ДОД (*K5*), блокировочное реле ТКЕ56ПОДГ (*K10*) и выключается сигнальная лампа ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ЛЕВ. (*H3*). Контактор *K5*, срабатывая, подключает генератор *G9* через блок трансформаторов типа БТТ-30БТ (БТТ) *TA8* на шину ЦРУ левого генератора.

Включение среднего *G29* и правого *G39* генераторов осуществляется аналогично при установке выключателей ВГ-15К (*SA2I, SA34*) в положения ГЕНЕРАТОРЫ СРЕД., ГЕНЕРАТОРЫ ПРАВ., при этом срабатывают контакторы ТКС-133ДОД (*K24, K37*) и подключают генераторы *G29* и *G39* соответственно на шины ЦРУ среднего и правого генераторов через блоки БТТ (*TA28, TA38*). Одновременно срабатывают блокировочные реле ТКЕ-54ПОДГ (*K25, K58*). В цепи включения среднего генератора *G29* на нагрузку установлен дополнительно контактор ТКС-133ДОД (*K26*), напряжение на обмотку которого подается через автомат защиты АЗРГК-2 (*SF1*) и контакты 3—2 реле *K25*.

В нормальном режиме каждый генератор подключен к шинам своего ЦРУ. От шины ЦРУ левого генератора *G9* через автомат защиты АЗЗк-50 (*SF83*) и контакты контактора ТКД533ДОД (*K88*) проводами по левому борту получает питание шина распределительного устройства напряжением 115 В № 1 (РУ 115 В № 1). От шины ЦРУ правого генератора *G39* через автомат защиты *SF91* и контакты контактора *K92* проводами по правому борту получает питание шина РУ 115 В № 2. От шины РУ 115 В № 1 через нормально замкнутые контакты контактора ТКД133ДОД (*K13*) получает питание аварийная шина. От шин РУ По В № 1 и 2 через понижающие трансформаторы ТС320С04А (*T117* и *T116*) по-

лучают питание шины РУ 36 В № 1 и 2. От шины РУ 36 № 1 через нормально замкнутые контакты контактора ТКД233ДОД (*К113*) получает питание аварийная шина.

*Аварийный режим работы системы.* При нормальной работе каждый генератор переменного тока нагружен приблизительно на 30% своей номинальной мощности, а система распределения электрической энергии напряжением 200/115 В выполнена таким образом, что отказ одного или двух генераторов не приводит к отключению потребителей.

При отказе генератора *G9* по команде от блока БЗУ выключаются реле *K10* и контактор *K5*, при этом генератор отключается от шины ЦРУ. Шина ЦРУ левого генератора через нормально замкнутые контакты контакторов *K5* и *K40* подключается на шину ЦРУ среднего генератора. При отказе генератора *G9* по команде от блока БЗУ подается питание на сигнальную лампу ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ЛЕВ. (*H3*).

При отказе среднего генератора *G29* по команде от блока БЗУ выключаются контакторы *K24*, *K26*, реле *K25* и генератор отключается от своей шины. Шина ЦРУ среднего генератора через нормально замкнутые контакты контактора *K26* подключается на шину ЦРУ левого генератора. При отказе генератора *G29* по команде от блока БЗУ подается питание на сигнальную лампу ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА СРЕДН. (*H22*).

При отказе правого генератора *G39* по команде от блока БЗУ подается питание на сигнальную лампу ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ПРАВ. (*H35*) и выключаются контактор *K37* и реле *K58*, а генератор *G39* отключается от своей шины. Шина ЦРУ правого генератора через нормально замкнутые контакты контакторов *K37* и *K50* подключается на шину ЦРУ среднего генератора.

При отказе генераторов *G9* и *G29* по команде от блоков БЗУ подается питание на сигнальные лампы ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ЛЕВ. (*H3*), ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА СРЕДН. (*H22*) и выключаются контакторы *K5*, *K24*, реле *K10*, *K25* и генераторы отключаются от своих шин. Шина ЦРУ левого генератора через нормально замкнутые контакты контакторов *K5* и *K40* подключена на шину ЦРУ среднего генератора. Обмотка контактора *K26* подключает питание через автомат защиты *SF1* и контакты реле *K51*, *K10*, *K58* и *K25*. Шина ЦРУ среднего генератора через контакты контакторов *K26* и *K24* подключена на шину ЦРУ правого генератора. Таким образом генератор *G39* питает все три шины ЦРУ.

При отказе генераторов *G9* и *G39* по командам от блоков БЗУ подается питание на сигнальные лампы ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ЛЕВ. (*H3*), ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ПРАВ. (*H35*), выключаются реле *K10*, *K58*, а контакторы *K5*, *K37* и генераторы отключаются от своих шин. Шина ЦРУ левого генератора через контакты контакторов *K5* и *K40* подключается на шину ЦРУ среднего генератора. Шина ЦРУ правого генератора через контакты контакторов

*K37* и *K50* подключается на шину ЦРУ среднего генератора. Таким образом генератор *G29* питает все шины ЦРУ.

При отказе генераторов *G29*, *G39* по командам от блоков БЗУ подается питание на сигнальные лампы ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА СРЕДН. (*H22*), ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРА ПРАВ. (*H35*), выключаются реле *K25*, *K58*, а контакторы *K24*, *K37* и генераторы отключаются от своих шин. Шина ЦРУ правого генератора через контакты контакторов *K37* и *K50* подключена на шину ЦРУ среднего генератора, а она через контакты контактора *K26* подключена на шину ЦРУ левого генератора.

При отказе трех генераторов необходимо снизить высоту полета до 3000 м, запустить ВСУ и генератор ВСУ будет питать все шины ЦРУ. При отказе всех трех генераторов срабатывают автоматы переключения шин АПШ-3М (*75*, *86*, *93*, *359*), контролирующие напряжение на шинах РУ 115 В № 1 и 2, РУ 36 В № 1 и 2 левого и правого бортов.

По сигналам от автоматов переключения шин АПШ-3М в полете автоматически происходит включение преобразователей ПОС-1000А и ПТС-800М и переключение аварийных шин питания потребителей на преобразователи.

При отказах в цепях питания левого или правого борта (РУ 115 В № 1 или 2) срабатывает автомат АПШ-3М (*86* или *93*) и выдает питание на сигнальную лампу ОТКАЗ 200/115 В ЛЕВ. БОРТ (*H85*) или ОТКАЗ 200/115 В ПРАВ. БОРТ (*H95*) и на обмотки контакторов ТКД533ДОД (*K88* или *K92*), реле ТКЕ52ПОДГ (*K159* или *K160*). Контактор *K88* переключает шину РУ 115 В № 1 на питание от правого борта через РУ 115 В № 2. Контактор *K92* переключает шину РУ 115 В № 2 на питание от левого борта через РУ 115 В № 1. Цепи питания защищены автоматами защиты АЗ3к-30 (*SF90*, *SF84*). Таким образом, отказ в цепях питания одного борта напряжением 200/115 В не влияет на электроснабжение переменным трехфазным напряжением 200/115 В.

Реле *K159* и *K160* подготавливают цепи включения аварийного преобразователя. Питание потребителей от преобразователя ПОС-1000А поступает в полете при исчезновении в бортовой сети трехфазного напряжения 200/115 В (отключение или отказ трех генераторов переменного тока до включения генератора ВСУ или обоих бортов питания). От аварийной шины получают питание следующие потребители: обогрев левого бокового стекла, высотомер ВМК-15, акселерометр АДП-4К, блок БФК-3, аварийное освещение кабины экипажа, радиовысотомер РВ-5, система СУИТЗ-6, система противообледенения, приборы контроля работы двигателей, аппаратура КУРС-МП-70.

При обесточенных шинах РК 115 В № 1 и 2 срабатывают автоматы переключения шин *86* и *95* и они подают питание на сигнальные лампы ОТКАЗ 200/115 В ЛЕВ. БОРТ (*H85*), ОТКАЗ

200/115 В ПРАВ. БОРТ (Н195), на обмотки реле К159, К160, которые, срабатывая, замыкают цепь питания обмоток контакторов ТКД133ДОД (К13), и аварийная шина подключается на выход аварийного преобразователя ПОС-1000А, ТКС101ДОД (К97), и преобразователь подключается на бортовую сеть постоянного тока напряжением 24 В и сигнальной лампы АВАР. 115 В (Н162). Преобразователь ПОС-1000А можно включить вручную при установке переключателя ППГ-15К (S479) в положение РУЧН.

В случае отсутствия напряжения на шинах РУ 36 В № 2 срабатывает автомат переключения АПШ-3М (359) и выдает напряжение 27 В на сигнальную лампу ОТКАЗ 36 В ПРАВ. БОРТ (Н191). Дублирующие системы и потребители третьей категории, питающиеся с шин этого распределительного устройства, питание не получают.

В случае отсутствия напряжения 36 В на шинах РУ 36 В № 1 срабатывает автомат переключения АПШ-3М (75) и выдает напряжение 27 В на сигнальную лампу ОТКАЗ 36 В ЛЕВ. БОРТ (Н169), на обмотку реле ТКЕ52ПОДГ (К153), которое, срабатывая, замыкает цепь питания обмоток контакторов ТКД233ДОД (К113), ТКД501ДОД (К114) и сигнальной лампы АВАР. 36 В (Н154).

Контактор К113, срабатывая, отключает аварийную шину от шип РУ 36 В № 1 и подключает ее на выход преобразователя ПТС-800АМ. Контактор К114, срабатывая, подключает преобразователь ПТС-800АМ на бортовую сеть постоянного тока напряжением 24 В. Преобразователь ПТС-800АМ можно включить вручную при установке переключателя ППГ-15К (S478) в положение РУЧН. Для проверки преобразователей ПОС-1000А и ПТС-800АМ на земле установлена кнопка КНР (SБ125) КОНТРОЛЬ АВТОМАТИКИ ВКЛЮЧ. АВАР. ИСТОЧНИКОВ.

*Электроснабжение переменным трехфазным током от генератора ВСУ.* Генератор ГТ40ПЧ6 (G54), установленный на ВСУ, используется для питания бортсети переменного тока на земле и в полете до высоты 3000 м при отказе основных генераторов. После запуска ВСУ и выхода на номинальный режим в блоке БЗУ (B55) снимается блокировка, препятствующая включению генератора. Генератор G54 включается на шины РУ РАII и ВСУ, которые объединяются с шинами ЦРУ генераторов контакторами ТКС133ДОД (К40, К50), Мощность генератора переменного тока ВСУ достаточна для питания всех потребителей переменного тока.

При установке переключателя ЗИПНТК (S449) в положение ГЕНЕРАТОРЫ ВСУ ВКЛ. питание поступает на блок B55. При достижении линейного напряжения генератора 180 В и более и частоты 372—380 Гц по сигналу от блока B55 срабатывают контактор ТКС103ДОД (К30) и реле ТКЕ54ПОДГ (К67). Контактор К30 подключает генератор ВСУ к шинам РУ РАII и ВСУ. Реле К67 замыкает цепь питания обмоток контакторов К40, К50, кото-

рые, срабатывая, подключают питание с шин РУ РАП и ВСУ на шины ЦРУ левого и правого генераторов (при неработающих генераторах). Питание на шины ЦРУ среднего генератора поступает с шин ЦРУ левого генератора через контакты контактора *K26*. При работе генератора ВСУ питание поступает на сигнальную лампу РАБОТ. ГЕНЕРАТОРЫ ВСУ (*H98*), а при отказе — на лампу ОТКАЗ ГЕНЕРАТОРЫ ВСУ (*H58*).

*Включение аэродромного источника питания.* На самолете установлен штепсельный разъем аэродромного питания ЦРАП-400-3Ф. При подключении аэродромного источника и правильном чередовании фаз по сигналу от блока БЧФ-208 (*4*) срабатывает реле *K1* в блоке и подготавливает цепи питания обмоток контактора ТКС13ЗДОД (*K45*), обмотки реле ТКЕ52ПОДГ (*K46*) и сигнальных ламп ~ 200 В ВКЛЮЧЕНО АЭР. ЭЛ. ПИТ. (*H100*), АЭР. 200 В (*H102*).

Для включения аэродромного источника переключатель *SA49* устанавливают в положение АЭР. ЭЛ. ПИТ. Напряжение питания поступает через переключатель *SA49*, блок БЧФ-208, выводы штепсельного разъема аэродромного питания на сигнальные лампы *H100*, *H102* и обмотки контактора *K45* и реле *K46*. Контактор *K45*, срабатывая, подключает аэродромный источник переменного трехфазного тока на шины РУ РАП и ВСУ. Реле *K46*, срабатывая, замыкает цепь питания обмоток контакторов *K40*, *K50*, которые, срабатывая, подключают питание с шин РУ РАП и ВСУ на шины ЦРУ левого и правого генераторов, а также поступает питание на шины ЦРУ среднего генератора.

**Распределение электроэнергии постоянного тока напряжением 27 В.** Для питания всех потребителей постоянным током напряжением 27 В на самолете имеется система электроснабжения постоянным током, состоящая из двух независимых каналов — левого и правого бортов.

Основными источниками электроэнергии постоянного тока являются два выпрямительных устройства ВУ-6Б, работающих каждый на свой канал и преобразующих электрическую энергию основной системы переменного трехфазного тока напряжением 200 В в электрическую энергию постоянного тока напряжением 27 В. (Принцип работы выпрямительного устройства ВУ-6Б аналогичен работе ВУ-6А.)

Аварийными источниками электроэнергии постоянного тока являются две аккумуляторные батареи 20НКБН-40. Аварийные источники обеспечивают питание потребителей, необходимых для продолжения полета, а также обеспечивают запуск ВСУ в полете.

ВУ и аккумуляторные батареи подключаются к шинам соответствующего распределительного устройства. Левое распределительное устройство ВУ соединено тремя линиями (проводами) с РУ левой аккумуляторной батареи, а правое РУ ВУ соединено с РУ правой аккумуляторной батареи. Оба канала в нормальном

режиме работают отдельно, а при отказе одного из ВУ происходит объединение каналов через РУ ВУ. При этом обеспечивается питание всех потребителей, кроме цепей основного освещения салона и индивидуального освещения. Объединение шин РУ аккумуляторных батарей происходит при подключении наземного источника и при запуске ВСУ.

Для подключения наземного источника питания постоянного тока на борту установлен штепсельный разъем ШРАП-500К. В электросхеме постоянного тока предусмотрены блокировки, исключающие одновременное включение наземного источника с аккумуляторными батареями и ВУ.

*Электрическая схема включения ВУ на нагрузку.* Электросхема включения обоих ВУ аналогична, поэтому рассмотрим включение левого канала ВУ. ВУ работает в комплекте с дифференциально-минимальным реле ДМР-200ВУ (ДМР) (рис. 5.19).

При наличии в бортовой сети самолета напряжения постоянного тока от включения аккумуляторных батарей и переменного трехфазного тока напряжением 200 В ВУ (235) включается при установке выключателя 2ВГ-15К (SA245) в положение ВЫПРЯМИТЕЛИ ЛЕВ. ВКЛ., при этом срабатывает контактор ТКД203ДОД (K241), подключая ВУ к сети переменного тока напряжением 200 В, которое поступает на выводы /, 2, 3 ВУ. Напряжение переменного тока выпрямляется ВУ и с вывода «+» поступает на реле ДМР (243). Если напряжение ВУ превышает напряжение бортовой сети, реле ДМР подключает ВУ на бортовую сеть, при этом выключается сигнальная лампа ВЫПРЯМИТЕЛИ ЛЕВ. ОТКАЗ (H281).

При коротком замыкании в фидере или ВУ через реле ДМР протекает обратный ток, при этом ВУ отключается от бортовой сети и загорается сигнальная лампа ВЫПРЯМИТЕЛИ ЛЕВ. ОТКАЗ (H281).

Для возвращения реле ДМР в исходное положение после короткого замыкания необходимо переключатель ПНГ-15К (SA247) установить в положение ВОЗВРАТ, и реле ДМР возвращается в исходное положение. После этого переключатель SA247 установить в нейтральное положение.

Для контроля защиты от коротких замыканий переключатель SA247 установить в положение КОНТРОЛЬ, при этом напряжение бортовой сети подается на вывод К реле ДМР и происходит его отключение, что контролируется по сигнальной лампе отказа ВУ (H281).

*Автоматическое отключение потребителей при отказе ВУ.* При отказе двух ВУ реле ТКЕ24ННГА (K272, K273), подключенные к выводу ,7 реле ДМР, срабатывают, и питание поступает на обмотки контакторов ТКСННДОД (K253, K254), которые, срабатывая, отключают часть потребителей.

При отказе одного из ВУ срабатывает реле K272 или K273, и напряжение бортовой сети через контакты 8—9 реле K272 или K273, переключатель ПНГ-15К (SA229) поступает на обмотку реле K366.

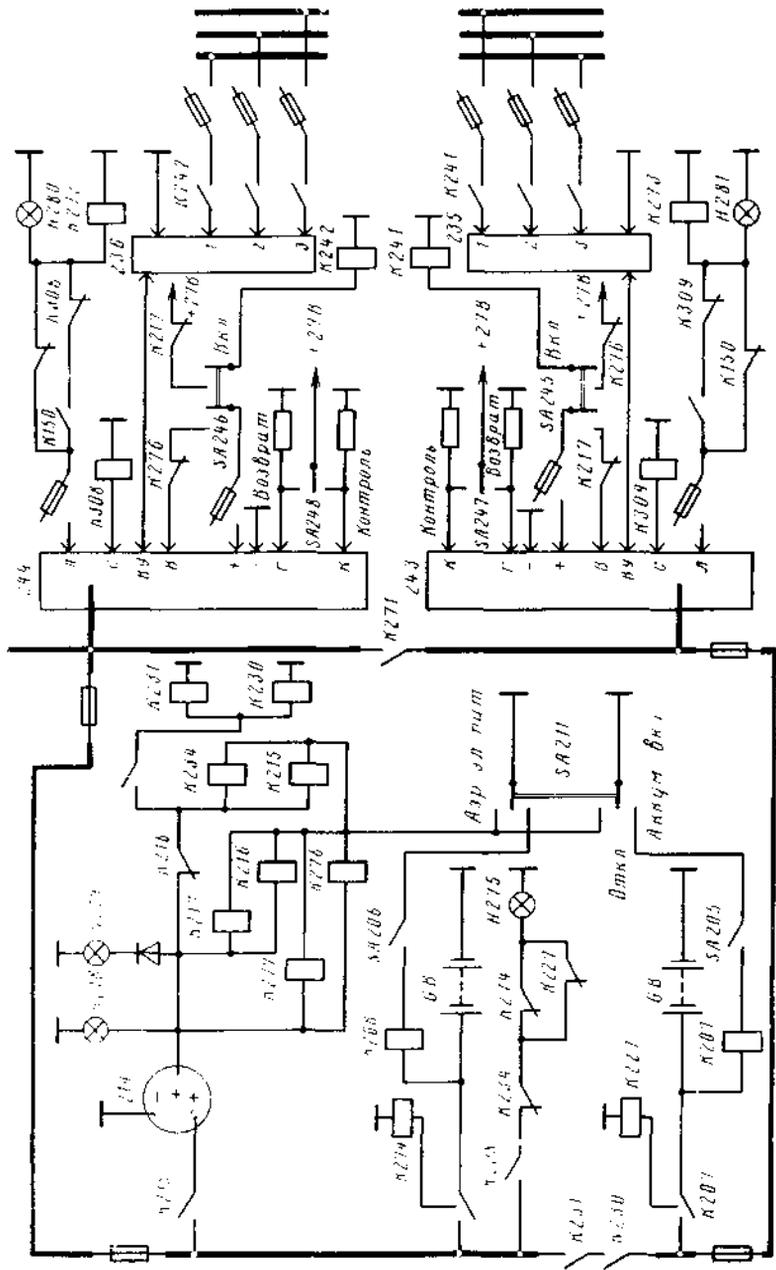


Рис. 5.19. Функциональная электрическая схема включения выпрямительных устройств и аккумуляторных батарей

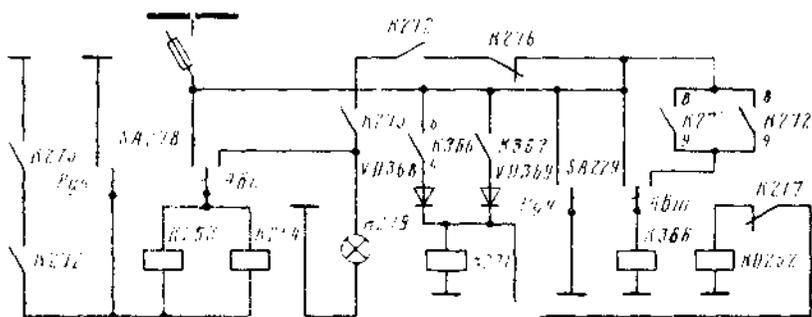


Рис. 5.20. Функциональная электрическая схема объединения шин выпрямительных устройств

которое, срабатывая, контактами 8—9 подает питание на обмотки контактора ТКС103ДОДБ (K271) и реле K0252. Контакт K271, срабатывая, осуществляет объединение шин РУ ВУ и включает сигнальную лампу ОБЪЕДИНЕНИЕ ШИНОВ (H319) (рис. 5.20). Реле K0252, срабатывая, выдает команду на отключение левого и правого бортового освещения, индивидуального освещения и освещения тамбура.

*Электрическая схема включения аккумуляторных батарей.* Для включения аккумуляторных батарей (см. рис. 5.19) на бортовую сеть необходимо выключатели ВГ-15К (SA205, SA206) установить в положение ВКЛ., а переключатель 2ППИТК (SA211)— в положение АККУМ. ВКЛ. При этом срабатывают контакторы ТКС401ДОД (K207, K208), подключают аккумуляторные батареи на бортовую сеть. Одновременно срабатывают реле ТКЕ211ЮДГ (K274, K227), они выключают сигнальную лампу АККУМ. ОТКЛЮЧЕН (H275).

*Электрическая схема включения аэродромного источника питания.* При подключении аэродромного источника питания к разъему 214 загораются сигнальные лампы АЭР. ЭЛ. ПИТ. (H218), расположенная рядом с разъемом и -27 ВКЛЮЧЕНО АЭР. ЭЛ. ПИТ. (H219) на верхнем пульте.

При установке переключателя SA211 в положение АЭР. ЭЛ. ПИТ. срабатывают контакторы ТКС401ДОД (K215), подключающий аэродромный источник к бортовой сети, ТКД233ДОД (K277) и реле ТКЕ24ИПГА (K217, K276, K234).

Реле K217 и K276 размыкают цепь включения ВУ при подключении аэродромного источника. Контакт K277 подключает дежурное освещение салона. Реле K234 замыкает цепи питания обмоток контакторов ТКС401ДОД (K231, K230), которые, срабатывая, объединяют шины распределительных устройств левой и правой аккумуляторных батарей, а контактами 4—5 отключают цепь питания сигнальной лампы АККУМ. ОТКЛЮЧЕН (H275).

При подключении аэродромного источника питания с неправильной полярностью срабатывает детекторное реле ТДЕ2100ДН (K216), которое контактами 2—1 размыкает цепи питания контактора K215, реле K234 и сигнальной лампы -27 В ВКЛЮЧЕНО АЭР. Э.Л. ПИТ. (H219).

Для отключения аэродромного источника питания необходимо выключить все потребители и переключатель SA211 установить в положение ОТКЛ.

#### **5.4. СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ САМОЛЕТА ТУ-134А**

На самолете Ту-134А установлены три системы энергоснабжения: основная (первичная) система постоянного тока напряжением 28,5 В, вторичная система переменного однофазного тока напряжением 115 В частотой 400 Гц, вторичная система переменного трехфазного тока напряжением 36 В частотой 400 Гц. Кроме системы электроснабжения, на самолете установлено два автономных преобразователя постоянного тока в переменный.

ПО-600С с выходным напряжением 127 В частотой 50 Гц работает с повышающим трансформатором АСБ-0,3 с выходным напряжением 220 В частотой 50 Гц для питания холодильника и электробритв. СПО-4 с выходным напряжением 36 В частотой 400 Гц предназначен для питания приборов (ДИМ).

**Распределение электроэнергии постоянного тока напряжением 27 В.** Система постоянного тока самолета Ту-134А является основной системой энергоснабжения. Она выполнена из двух сетей: основной и аварийной. Обе сети автономны и могут работать как одновременно, так и раздельно. В нормальных условиях работы системы сети объединены контактором, обмотка которого получает питание от шины основной сети. В аварийных условиях (отказ всех основных генераторов, обесточивание основной сети) основная и аварийная сети разъединены.

Основная сеть постоянного тока может получить питание:

от основных генераторов ГС-18ТО;

от генератора ГС-12ТО вспомогательной силовой установки;

от аэродромного источника питания электроэнергии;

от бортовых аккумуляторных батарей.

Аварийная сеть, так же как и основная, имеет четыре вида питания: от основной сети, от генератора ГС-12ТО вспомогательной силовой установки, от бортовых аккумуляторных батарей, от аэродромного источника электроэнергии.

В нормальных условиях полета для питания сетей используются четыре основных генератора ГС-18ТО. Стартер-генератор ГС-12ТО вспомогательной силовой установки используется для питания сетей при техническом обслуживании самолета на стоянке, при отсутствии аэродромного источника электроэнергии и как

аварийный источник электроэнергии в полете на высотах до 3000 м, а также в качестве электростартера для запуска газотурбинного двигателя ВСУ.

Две бортовые аккумуляторные батареи 20НКБН-25 предназначены для запуска двигателя ВСУ и используются как аварийный источник электроэнергии для питания аварийной сети при отказе основных генераторов, при снижении самолета с крейсерской высоты полета на высоту 3000 м (высоту запуска ВСУ). Каждый генератор ГС-18ТО работает в комплекте со следующей аппаратурой: регуляторов напряжения РН-180М, работающим в комплекте с выносным резистором ВС-25Б и конденсатором; дифференциально-минимальным реле ДМР-600Т; автоматом защиты от перенапряжения АЗП-8М 4-й серии.

Генератор ГС-12ТО, установленный на газотурбинном двигателе ТА-8 (ВСУ), работает в комплекте со следующей аппаратурой: регулятором напряжения РН-180М, работающим в комплекте с выносным резистором ВС-25Б; дифференциально-минимальным реле ДМР-400Т; автоматом защиты от перенапряжения АЗП-А1.

Параллельная работа на сеть основных генераторов и генератора ВСУ исключается блокировкой. При включении основных генераторов на сеть генератор ВСУ автоматически отключается.

Питание сетей от аэродромного источника питания осуществляется через штепсельный разъем ШРАП-500К. Одновременная работа бортовых и наземных источников питания постоянного тока не предусмотрена.

Электрическая схема включения генератора (рис. 5.21) работает следующим образом. Обмотка возбуждения генератора через выводы 3Ш1 и 3Ш2 автомата АЗП-8М 4-й серии и вывод 1 регулятора напряжения РН-180М, угольный столб, вывод 6 подключается к плюсу генератора. При установке выключателя SA8 (ВГ-15) в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение генератора через выводы ГЕН и + ДМР-600Т, контакторы реле K4 (ТКЕ-54ПД1), выводы 1Ш1 и 5Ш2 АЗП-8М 4-й серии (?), выключатель SA8 подается на вывод В ДМР-600Т.

Когда ЭДС генератора ГС-18ТО превысит напряжение бортовой сети на 0,2—1 В, ДМР-600Т, срабатывая, подключает генератор ГС-18ТО через предохранитель ТП-900 на шину центрального распределительного устройства. Одновременно при срабатывании ДМР-600Т снимает питание с вывода 7, отключается сигнальная лампа с красным светофильтром Н11, которая сигнализирует, что генератор работает, и подается питание на вывод С, в результате срабатывает реле K10 (ТКЕ-54ПД1). При этом питание через контакты реле K10, диод VD15 поступает на обмотки контактора (ТКС П1ДТ) K16 и реле (ТКЕ-54ПД1) K36. Контакт K16, срабатывая, подключает аварийную шину на ЦРУ. Реле K36, срабатывая, выключает лампу с красным светофильтром (Н19) ПРИБОРЫ ПИТАЮТСЯ ОТ АККУМУЛЯТОРОВ. Питание через кон

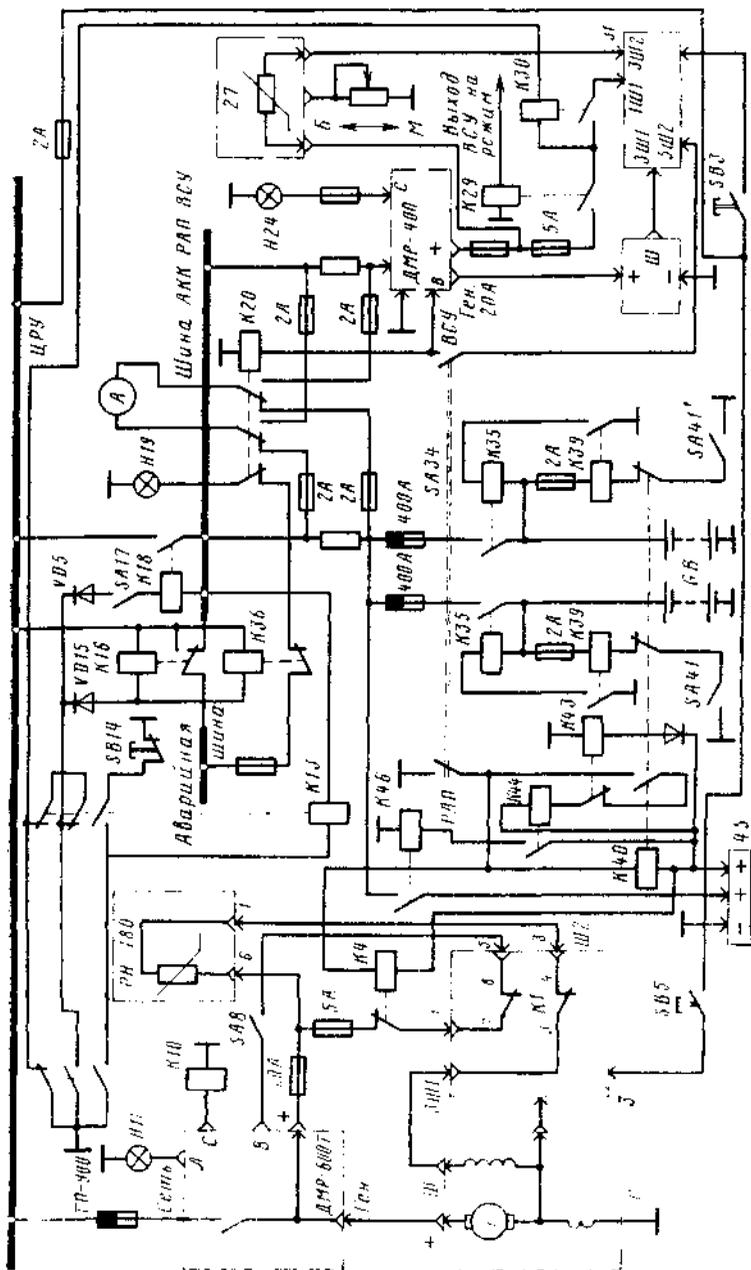


Рис. 5.21. Функциональная электрическая схема включения источников постоянного тока

такты реле *K10*, диод *VD5*, контакты выключателя (ВГ-15К) *SA17* АККУМУЛЯТОРЫ И РАП НА СЕТЬ подается на обмотку контактора ТКС-601ДОД (*K18*), который срабатывая, подключает шину АККУМ. РАП-ВСУ на ЦРУ. Питание через контакты реле *K10* поступает на обмотку реле (ТКЕ-56ПД1) *K13*, которое, срабатывая, блокируется через контакты кнопки (А-812В) *SB14* и подготавливает цепи на включение нормальной сети на аккумуляторные батареи при отключении генераторов. Для снятия блокировки необходимо нажать на кнопку *SB14*. Аналогично включаются на шину ЦРУ остальные генераторы.

Реле *K4* служит для отключения генератора при подключении аэродромного источника питания. Кнопка (*K204*) *SB5* служит для проверки работоспособности автомата АЗП-8М 4-й серии при обслуживании самолета. При нажатии на кнопку срабатывает автомат АЗП-8М 4-й серии и отключает генератор ГС-18ТО от бортовой сети.

Для включения генератора ГС-12ТО необходимо выключатель (ВГ-15К) *SA17* АККУМУЛЯТОР РАП И ВСУ НА СЕТЬ установить в положение ВКЛЮЧЕНО. Переключатель *SA34* (2ППНГ-К) РАП-ВСУ установить в положение ВСУ. При этом плюс генератора ГС-12ТО через выводы ГЕН. и + ДМР-400Т, предохранители ИП-20 и ИП-5, контакты реле *K29* (ТКЕ-21ПДТ), которое срабатывает при выходе ВСУ на режим, контакты реле *K30*, которое срабатывает при неработающих всех четырех генераторах ГС-18ТО, выводы 1Ш1, 5Ш2, АЗП-А1 (*31*), контакты переключателя *SA34* подается на вывод В ДМР-400Т и обмотку реле (ТКЕ-54ПД1) *K20*, которое, срабатывая, переключает амперметр на шунт генератора ГС-12ТО и размыкает цепи питания лампы *H19*. Когда ЭДС генератора ГС-12ТО превысит напряжение бортовой сети на 0,2—1 В, ДМР-400Т, срабатывая, подключает генератор ГС-12ТО на шину АККУМ. РАП и ВСУ. Одновременно при срабатывании ДМР-400Т питание генератора ГС-12ТО через вывод С ДМР-400Т подается на сигнальную лампу (*H24*) с зеленым светофильтром, которая сигнализирует о включении генератора ГС-12ТО на бортовую сеть. Обмотка возбуждения генератора ГС-12ТО через выводы 3Ш1, 3Ш2, АЗП-А1 (*31*) и угольный столб регулятора напряжения РН-180М (*27*) подключается на напряжение генератора ГС-12ТО. Кнопка (*204К*) *SB3* служит для проверки АЗП-А1 при техническом обслуживании самолета.

Для включения аккумуляторных батарей 20НКБН-25 необходимо выключатель *SA17* установить в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом срабатывает контактор *K18* и соединяет шины ЦРУ и АККУМ. РАП и ВСУ. Выключатели аккумуляторных батарей № 1 и 2 *SA41* и *SA41'* (ВГ-15К) нужно установить в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом питание от аккумуляторных батарей через нормально замкнутые контакты реле (ТКЕ-56ПД1) *K40* подключается к обмоткам реле *K39* и *K39* (ТВЕ-101В), которые, сра-

батывая, подключают питание к обмоткам контакторов (ТКС-401ДОД) *K35* и *K35*, которые срабатывая, подключают аккумуляторные батареи № 1 и 2 на шину АККУМ. РАП и ВСУ. Реле времени *K39* и *K39* имеют задержку времени на отключение и служат для исключения кратковременного обесточивания сети при подключении аэродромного источника питания. Для включения аэродромного источника питания необходимо подключить к штепсельному разъему ШРАП-500К аэродромный источник питания.

Переключатель *SA34* установить в положение РАП. При этом минус бортсети подключается к обмоткам реле (ТКЕ-56ПД1) *K40* и *K4*, плюс к которым подключается непосредственно от направляющего штыря штепсельного разъема аэродромного источника питания *45*.

Реле *K40*, срабатывая, своими нормально замкнутыми контактами выдает команду на выключение аккумуляторных батарей. Реле *K4*, срабатывая отключают цепи управления включения всех генераторов ГС-18ТО. Одновременно питание через контакты переключателя *SA34*, контакты реле *K40*, нормально замкнутые контакты реле (ТДЕ-210) *K43* подключается к обмотке реле (ТВЕ-101В) *K44*, которое срабатывая, включает контактор ТКС-601ДОД (*K46*). Контактор *K46* включает аэродромный источник питания на шину АККУМ. РАП и ВСУ. Реле *K43* исключает подключение аэродромного источника питания с неправильной полярностью. Реле *K44* имеет задержку времени на отключение и служит для исключения кратковременного обесточивания сети при подключении бортовых источников.

Контроль за напряжением генераторов, сети, шины аккумуляторов, аккумуляторных батарей и аэродромного источника питания осуществляется вольтметром с переключателем.

**Распределение электроэнергии переменного тока напряжением 115 В.** Система энергоснабжения переменным током состоит из двух систем энергоснабжения: однофазным переменным током напряжением 115 В частотой 400 Гц, трехфазным переменным током напряжением 36 В частотой 400 Гц.

Система энергоснабжения однофазным переменным током конструктивно выполнена из трех сетей: основной, вспомогательной и аварийной. Все три сети автономны и могут работать одновременно.

Источниками электрической энергии основной и вспомогательной сетей являются два преобразователя ПО-4500 7-й серии (рабочий и резервный 2, 12), которые работают в комплекте с угольными регуляторами напряжения Р-27ВТ и реостатами РС-4 для ручной подрегулировки напряжения преобразователя на  $\pm 4$  В, а аварийной сети — основная сеть или преобразователь ПО-500А (22) (рис. 5.22).

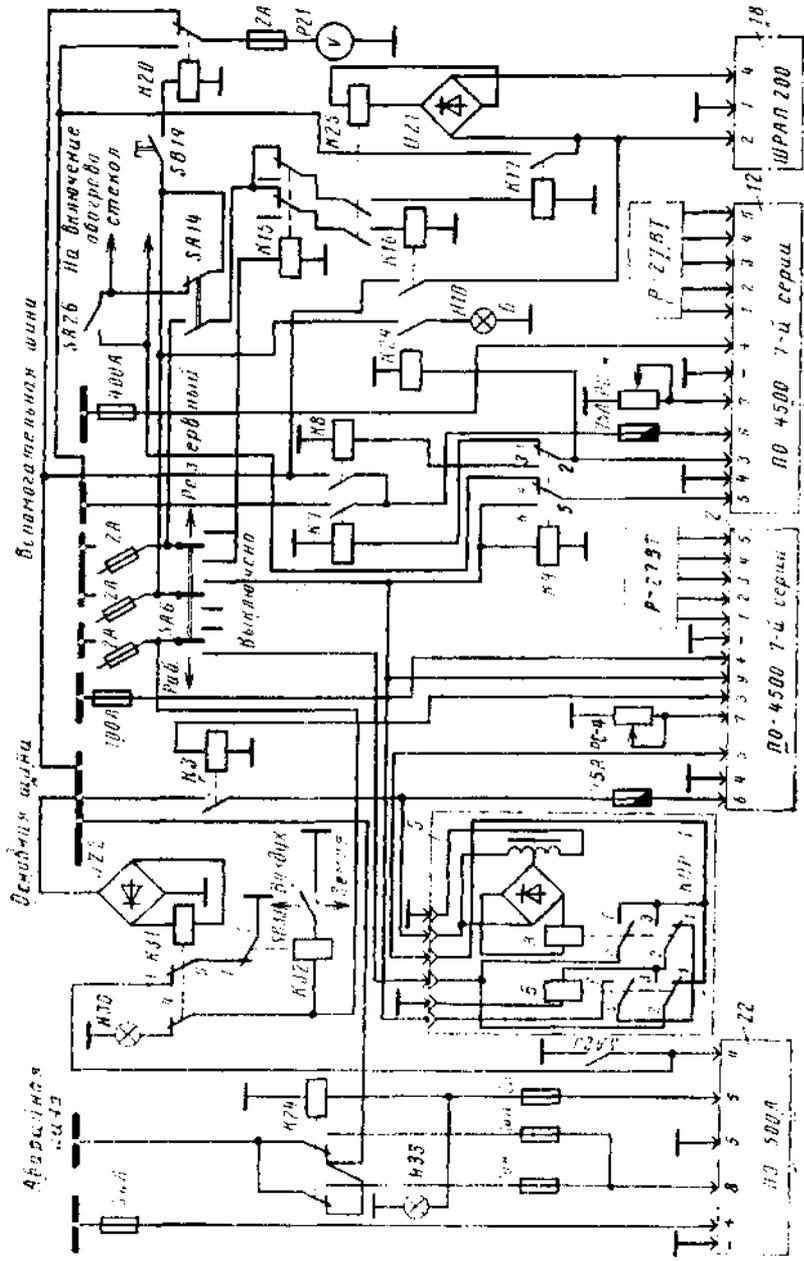


Рис. 5.22. Функциональная электрическая схема включения преобразователей ПО-4500

Основная сеть питается от рабочего преобразователя ПУ-4500 7-й серии, а при выходе его из строя — от резервного преобразователя. Переключение резервного преобразователя на основную сеть может происходить автоматически с помощью коробки КПР-1 (5) или вручную переключателем ЗППНТ-К (SA6), который имеет три положения: РАБОЧИЙ — ВЫКЛЮЧЕНО — РЕЗЕРВНЫЙ. Переключатель SA6 расположен на щитке управления электроэнергией. Вспомогательная сеть питается от резервного преобразователя 12, если он не включен на основную сеть. Включение резервного преобразователя на вспомогательную сеть происходит автоматически при включении обогрева стекла второго пилота, или штурмана, или светосигнального маяка СМИ-2КМ.

В нормальных условиях работы системы аварийная сеть соединена через контакты реле ТКЕ-52ПД1 (K24) с основной сетью. При выходе из строя основной сети однофазного переменного тока (отключения от бортсети всех генераторов постоянного тока) автоматически запускается преобразователь 22, и аварийная сеть переключается на питание от преобразователя 22. Кроме того, аварийная сеть может быть переведена в автономный режим ручным включением преобразователя 22, установив выключатель (ВГ-15К) SA23 в положение ВКЛЮЧЕНО. При автоматическом включении преобразователя 22 в полете после посадки самолета он автоматически выключается с помощью концевых выключателей обжатого положения стоек шасси.

Для включения рабочего преобразователя 2 необходимо переключатель SA6 установить в положение РАБОЧИЙ, при этом срабатывает реле ТКЕ-52ПД1 (K15) и отключает цепь включения аэродромного источника питания, и напряжение бортсети подается через нормально замкнутые контакты 2—1 реле Б коробки 5 на запуск основного преобразователя (вывод 5) и через вывод 3 на обмотку контактора ТКС-101ДОД (K3), который срабатывая, подключает напряжение 115 В преобразователя 2 на основную сеть переменного тока. Одновременно подается переменное напряжение в коробку 5, которая подготавливается к работе для отключения основного преобразователя, а в случае его отказа — для включения резервного.

При отказе основного преобразователя 2 он отключается и отключается реле А в коробке 5. Напряжение бортсети через контакты 2—3 реле Б, контакты 2—1 реле А, контакты 5—6 реле Б подается на обмотку реле ТКЕ-52ПД1 (K9) и через ее контакты 6—5 на запуск резервного преобразователя (вывод 5). Одновременно напряжение подается через вывод 3 преобразователя 12, контакты 2—3 реле K9 на обмотку контактора ТКС-101ДОД (K8), который, срабатывая, подключает напряжение переменного тока преобразователя 12 на основную шину. Так как при срабатывании реле K9 отключается цепь включения контактора ТКС-101ДОД (K7), то включение преобразователя 12 на вспомогательную ши-

ну невозможно. Кроме автоматического включения резервного преобразователя 12, предусмотрено ручное. При установке переключателя SA6 в положение РЕЗЕРВНЫЙ срабатывают реле K9, контактор K8 и реле K15. При работе преобразователя 12 срабатывает реле ТКЕ-21ПДТ (K29) и включает сигнальную лампу с белым светофильтром СЛМ-61 (Н10) РЕЗЕРВНЫЙ ПО-4500 РАБОТАЕТ на шитке управления электроэнергией.

При установке выключателя ВГ-15К (SA26) в положение ВКЛЮЧЕНО питание через контакты переключателя 2ПП-15к (SA14), SA26, контакты 4—5 реле K9 поступает на вывод 5 преобразователя 12 и через вывод 3, контакты 2—1 реле K9 на обмотку контактора ТКС-101ДОД (K7), который, срабатывая, подключает резервный преобразователь 12 на вспомогательную шину. При этом срабатывает реле ТКЕ-21ПДТ (K29) и включает лампу СЛМ-61 (НЮ) с белым светофильтром РЕЗЕРВНЫЙ ПО-4500 РАБОТАЕТ.

Кнопка (5к) SB19 предназначена для контроля напряжения на вспомогательной шине. При ее нажатии срабатывает реле ТКЕ-21ПДТ (K20) и включает вольтметр ВФ 0,4-150 (P21) на вспомогательную шину, отключая от основной.

При отказе всех четырех генераторов постоянного тока или отказе двух преобразователей 2 и 12 в полете отключается реле СПЕ-22ПД (K31), при этом загорается сигнальная лампа СЛМ-61 (Н30) с красным светофильтром НЕТ ПИТАНИЯ ~115 В и минус бортсети через контакты 2—1 реле ТКЕ-21ПДТ (K32), контакты 5—4 реле K31 подается на вывод 4 преобразователя 22 и происходит его запуск. С вывода 5 питание поступает на обмотку реле ТКЕ-32ПДТ (K24), которое, срабатывая, подключает преобразователь 22 на аварийную шину, отключая ее от основной. При обжатии стоек шасси срабатывает концевой выключатель АМ800К (SB33) и включает реле K32, которое, срабатывая, размыкает цепь автоматического включения преобразователя 22. При включении ПО-500А подается питание на сигнальную лампу СЛМ-61 (Н33) с зеленым светофильтром РАБОТАЕТ ПО-500. Кроме того, можно вручную включить преобразователь ПО-500А выключателем ВК-15к 2-й серии (SA23).

Для питания сети переменного тока на земле установлен штепсельный разъем ШРАП-200 (18) на левом борту (шпангоут 48). При подключении аэродромного источника питания срабатывает реле СПЕ-22ПД (K25) и при установке переключателя SA14 в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети подается на обмотки контакторов ТКС-101ДОД (K6 и K17), которые, срабатывая, подключают аэродромный источник питания на основную, вспомогательную и аварийную шины.

**Распределение электроэнергии переменного тока напряжением 36 В.** Система состоит из двух сетей: основной и аварийной. В нормальных условиях работы аварийная сеть объединена с основной

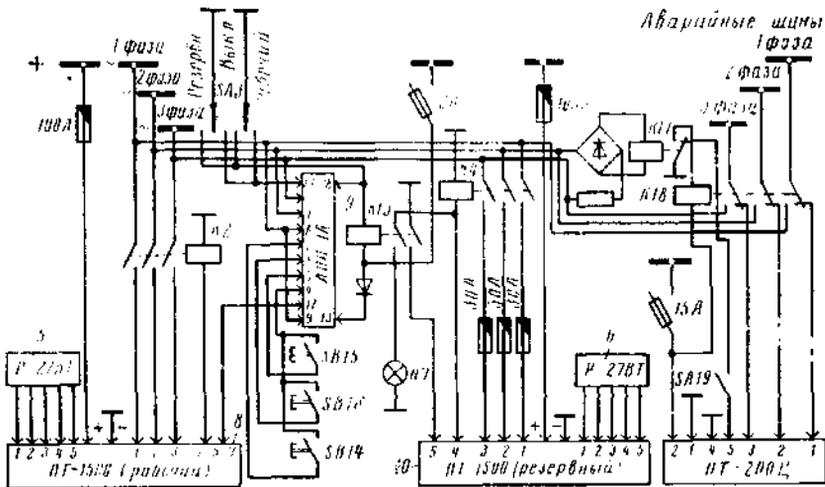


Рис. 5.23. Функциональная электрическая схема включения преобразователей ПТ-1500Ц

сеть. Источниками электроэнергии основной сети являются два преобразователя ПТ-1500Ц (рабочий 8 или резервный 10) (рис. 5.23), которые работают в комплекте с регуляторами напряжения Р-27ВТ (5 и 6). Аварийная сеть питается от основной сети переменным напряжением 36 В или от преобразователя ПТ-200Ц. Для включения преобразователей 8 и 10 установлен переключатель 2ППНТ-К (SA3), который имеет три положения: РЕЗЕРВНЫЙ - ВЫКЛЮЧЕНО - РАБОЧИЙ. При установке переключателя SA3 в положение РАБОЧИЙ напряжение бортсети подается на запуск рабочего преобразователя 8, одновременно срабатывает контактор ТКД-503ДТ (K2) и подключает выход преобразователя 8 на основную шину. Преобразователи ПТ-1500Ц работают в комплекте с автоматом переключения преобразователей АПП-1А (9), который в аварийных случаях автоматически отключает от сети рабочий преобразователь и подключает вместо него резервный.

При отказе рабочего преобразователя срабатывает автомат 9 и напряжение бортсети подключается к обмотке реле ТКЕ-52ПД1 (K13), которое, срабатывая, включает сигнальную лампу с красным светофильтром СЛМ-61 РЕЗЕРВ. ПТ-1500Ц РАБОТАЕТ (H7) и включает резервный преобразователь. Одновременно подается питание на контактор ТКД-503ДТ (K4), который, срабатывая, включает преобразователь 10 на основную шину. Кроме автоматического включения преобразователя 10, предусмотрено ручное включение переключателем SA3, который надо установить в поло-

жение РЕЗЕРВНЫЙ. Для проверки исправности автомата 9 установлены кнопки контроля 5К (*SB14, SB15, SB17*).

При выходе из строя основной сети отключается реле ТКЕ-21ПД (*K17*), и напряжение бортсети через включенный выключатель 2ВГ-15К (*SA19*) авиагоризонта подключается на запуск преобразователя ПТ-200Ц. Так как реле ТКЕ53ПД (*K18*) будет отключено, то напряжение переменного тока преобразователя ПТ-200Ц будет подключено к аварийной шине через нормально замкнутые контакты реле *K18*.

От аварийной сети получают питание следующие потребители: авиагоризонт АГД, радиокompас АРК-15 № 1, выключатель коррекции ВК-53РШ № 2. Для контроля напряжения на основной и аварийной сети установлен вольтметр с переключателем.

Для проверки работоспособности преобразователей ПТ-1500Ц и автомата АПП-1А необходимо:

включить АЗСГ-2 АПП-1А на правой панели АЗС;

установить переключатель *SA3* на шитке управления электроэнергией в положение РАБОЧИЙ, при этом должен включиться в работу рабочий преобразователь ПТ-1500Ц, а по вольтметру проконтролировать напряжение трех фаз, которое должно быть в пределах 34—38 В;

нажать и отпустить кнопку *SB14* канала АПП-1А контроля неисправности при несимметричных нагрузках, расположенную справа, в проходе кабины штурмана. При этом должны выключиться рабочий преобразователь, вступить резервный ПТ-1500Ц, что свидетельствует о работоспособности АПП-1А и загореться сигнальная лампа РЕЗЕРВН. ПТ-1500Ц РАБОТАЕТ (*H7*) на шитке управления электроэнергией, а по вольтметру проверить напряжение трех фаз, которое должно быть в пределах 34—38 В;

установить переключатель *SA3* в положение ВЫКЛЮЧЕНО. При этом должны выключиться резервный преобразователь, погаснуть сигнальная лампа РЕЗЕРВН. ПТ-1500Ц РАБОТАЕТ (*H7*);

установить переключатель *SA3* в положение РАБОЧИЙ. При этом должен включиться в работу рабочий преобразователь ПТ-1500Ц;

проверить аналогично работоспособности от кнопки *SB15* канала АПП-1А контроля неисправности при перенапряжении, а затем от кнопки *SB16* канала АПП-1А контроля неисправности при симметричных перегрузках;

установить переключатель *SA3* в положение РЕЗЕРВНЫЙ. При этом должен включиться в работу резервный преобразователь ПТ-1500Ц, загореться сигнальная лампа РЕЗЕРВН. ПТ-1500Ц РАБОТАЕТ (*H7*);

установить переключатель *SA3* и АЗСГ-2 АПП-1А в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

## Вопросы для самоконтроля

1. Как и почему изменится напряжение генератора ГТ-40ПЧ6 при увеличении сопротивления резистора *R2* в блоке БРН-208М7А?
2. Как и почему изменится напряжение генератора ГТ-40ПЧ6 при обрыве управляющей обмотки магнитного усилителя в блоке БРН-208М7А?
3. Как изменится напряжение генератора при уменьшении величины резистора *R2* блока регулирования напряжения БРН?
4. Как изменится напряжение генератора ГТ-40ПЧ6 при обрыве рабочей обмотки магнитного усилителя УМ-2в блоке БРН-208М7А?
5. Объяснить работу электрической схемы блока БЗУ-376СБ при уменьшении напряжения генератора ниже 175—185 В.

6. Объяснить последовательность работы электрической схемы блока БЗУ-376СБ при уменьшении частоты переменного тока ниже 372—380 Гц.
7. Объяснить работу электрической схемы блока БЗУ-376СБ при увеличении частоты переменного тока выше 420—428 Гц.
8. Объяснить работу электрической схемы блока БЗУ-376СБ при увеличении напряжения генератора ГТ-40ПЧ6 до 220—230 В.
9. Блок отключения генератора БОГ-1. Объяснить работу блока при уменьшении частоты вращения ротора авиадвигателя ниже номинального значения.
10. Объяснить последовательность работы электрической схемы коробки отсечки частоты КОЧ-62 при уменьшении частоты переменного тока ниже 370 Гц.
11. Как работает электрическая схема продольной дифференциальной защиты системы электроснабжения СПЗСЗП40?
12. Каково назначение реле  $K23$  в схеме распределения электроэнергии переменного тока напряжением 200 В на самолете Ту-154 (см. рис. 5.6) и в каких случаях оно срабатывает?
13. Назначение блока БЧФ-208 и его принцип работы.
14. Назначение контактора  $K1$  (см. рис. 5.6). В каком случае он срабатывает?
15. Назначение и принцип работы блока регулирования частоты БРЧ-62БМ.
16. Назначение резистора  $R2$  в блоке У2 блока БРЧ-62БМ.
17. Назначение резисторов  $R3$  и  $R5$  блока У3 в БРЧ-62БМ.
18. Назначение выпрямительного устройства ВУ и принцип его работы.
19. Назначение диодов  $VD1—VD6$  в ВУ и по какой схеме они включены?
20. Каково назначение реле  $K9$  в схеме распределения электроэнергии переменного тока напряжением 115 В на самолете Ту-134А (см. рис. 5.21) и когда оно срабатывает?
21. Каково назначение контакторов  $K7$  и  $K8$  в схеме (см. рис. 5.21) и в каком случае срабатывает контактор  $K7$ , а в каком случае — контактор  $K8$ ?
22. С какой пускорегулирующей аппаратурой работает в комплекте генератор ГС-18ТО?
23. Как осуществляется включение генератора на нагрузку?
24. Как происходит отключение генератора при аварийном увеличении напряжения бортсети, при обратном токе и обрыве силового фидера генератора?
25. Как подключается на бортсеть генератор ГС-12ТО?
26. Как включить аккумуляторные батареи на бортсеть?
27. Как включить аэродромный источник питания на бортсеть самолета?
28. Каков принцип работы выпрямительного устройства типа ВУ-6А?
29. Как осуществляется подключение выпрямительного устройства ВУ-6А на бортсеть в комплекте с ДМР-200ВУ и его аварийное отключение?
30. Как включить аккумуляторные батареи на бортсеть?
31. Как включить аэродромный источник питания на бортсеть?

## Глава 6

### **АВИАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, КОРОБКА ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ РЕЛЕ И АППАРАТ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

#### **6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Основными источниками постоянного и переменного токов на ВС являются генераторы. Кроме них, применяются и преобразователи электроэнергии, преобразующие постоянный ток в пере-

Таблица 6.1. Основные **технические** данные некоторых преобразователей

Параметр	ПО-500А	ПО-500 1-й серия	ПО-500 2-й серия	ПО-6000	ПТ- 1000С	ПТ-1500Ц	ПТ С- 12114	ПТС-250 2-й серия	С1Ю-1
Напряжение на выходе, В	115	115	115	115	36	36	115	36	36
Ток, А:									
потребляемый	39,5	104	280	370	60	87	6,2	20	2
отдаваемый	4,35	13	39,1	52,1	16	23,4	1	6	0,9
Мощность, В·А	500	1500	4500	6000	1000	1500	125	250	35
Коэффициент мощности	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7
Масса, кг	12,5	23,5	47	60	21,7	27	5,5	10,6	3,5

Примечание. У приведенных в таблице преобразователей напряжение питания 27 В, частота переменного тока 400 Гц, режим работы длительный, частота вращения якоря электромашинных преобразователей 8000 мин<sup>-1</sup> (у преобразователей ПО-500А 1200 мин<sup>-1</sup>).

менный. Преобразователи могут быть электромашинные или статические, однофазные и трехфазные.

Расшифровка обозначений преобразователей: П — преобразователь, О — однофазный, Т — трехфазный, С — статический, Ц — для централизованного питания потребителей, ПС — для централизованного питания самолетных потребителей, ПЧ — постоянной частоты, цифра после дефиса — выходная мощность (в В·А).

Основные технические данные рассматриваемых преобразователей приведены в табл. 6.1.

## 6.2. НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, УСТРОЙСТВО, РАБОТА, ПРОВЕРКА

**Преобразователь однофазный ПО-500А.** Он преобразует постоянный ток напряжением 27 В в однофазный переменный напряжением 115 В частотой 400 Гц. Преобразователь состоит из электромашинного агрегата и коробки управления. Электромашинный агрегат однокорпусный, состоит из четырехполюсного электродвигателя постоянного тока со смешанным возбуждением и однофазного синхронного генератора. Коробка управления смонтирована на корпусе электромашинного агрегата. В ней расположены элементы запуска, схемы автоматической стабилизации напряжения и частоты переменного тока преобразователя.

Стабилизация частоты и напряжения переменного тока преобразователя осуществляется следующим образом. Чувствительным и усилительным элементом схемы регулирования является магнитный усилитель ДО-12-70Н (рис. 6.1). Он представляет собой Ш-образный сердечник из листовой электротехнической

стали, на среднем стержне которого расположены три обмотка постоянного тока, а на крайних — рабочая обмотка (РО) переменного тока.

Управляющая обмотка (УО) включена на напряжение генератора через резистор  $R_2$ , селеновый выпрямитель  $UZ_2$  и конденсатор  $C_4$ . Конденсатор  $C_4$  является чувствительным элементом, так как его сопротивление изменяется обратно пропорционально частоте. При изменении напряжения и частоты переменного тока преобразователя будет пропорционально изменяться и ток управляющей обмотки УО усилителя, а следовательно, и магнитный поток.

Обмотка нейтрализации (ОН) присоединена на выход электромагнитного стабилизатора ЭМС-2Б через резисторы  $R_9$ , РС-4А,  $R_5$ ,  $R_7$  и выпрямитель  $UZ_3$ . Стабилизатор ЭМС-2Б представляет собой двухстержневой сердечник, стержни которого имеют неодинаковое сечение. На стержне большого сечения намотаны первичная  $W_1$  и компенсационная обмотки (КО). На насыщенном стержне меньшего сечения расположена вторичная обмотка  $W_2$ . Первичная обмотка включена на выходное напряжение преобразователя. При изменении напряжения преобразователя ЭДС, индуцируемая во вторичной обмотке, будет изменяться в меньшей степени. Для того чтобы компенсировать и это небольшое изменение ЭДС, последовательно и встречно со вторичной обмоткой стабили-

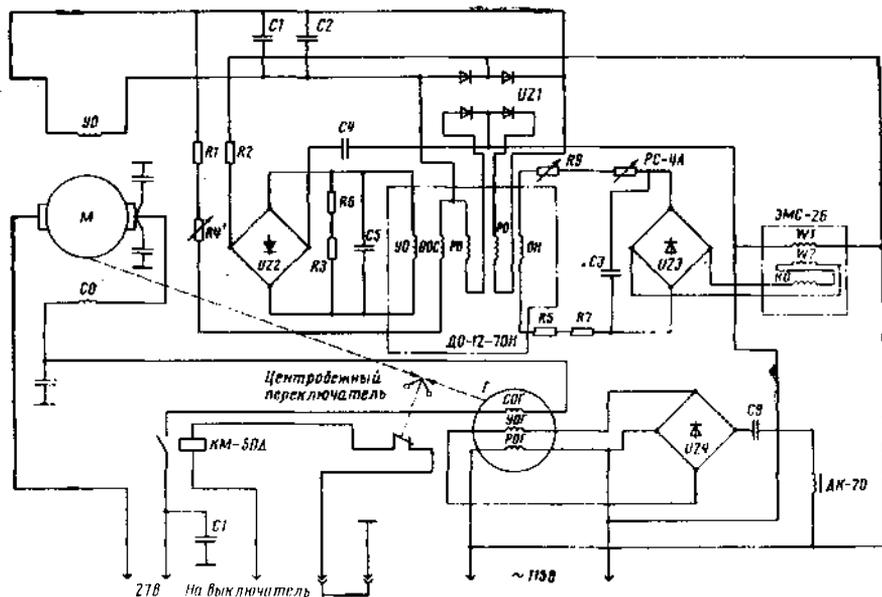


Рис. 6.1. Функциональная электрическая схема преобразователя ПО-500А

затора включена КО, ЭДС которой увеличивается пропорционально подводимому напряжению. Таким образом, на ОН подается стабилизированное напряжение, равное разности напряжений вторичной обмотки и КО. Магнитный поток ОН направлен встречно магнитному потоку УО. ОН нужна для выбора рабочей точки усилителя на прямолинейном участке регулировочной характеристики.

Обмотка обратной связи (ООС) включена параллельно УО электродвигателя через резисторы  $R1$ ,  $R4$ . Она предназначена для повышения чувствительности системы регулирования, а ее магнитный поток совпадает с потоком УО усилителя.

РО подсоединена на напряжение генератора и состоит из двух ветвей. Она включена так, что за период изменения тока по ветви протекает только полуволна тока, причем создаваемые постоянными составляющими магнитные потоки в среднем стержне суммируются и создают поток внутренней положительной обратной связи, направленной согласно с магнитным потоком УО. Выпрямленным током РО через выпрямитель  $UZ1$  питается УО электродвигателя.

Напряжение и частота регулируются следующим образом. При уменьшении выходного напряжения и частоты переменного тока вследствие увеличения нагрузки или падения напряжения питания ток в УО усилителя и магнитный поток этой обмотки уменьшатся. Усилитель будет подмагничиваться за счет результирующего магнитного потока:  $\Phi_p = \Phi_{УО} + \Phi_{ООС} - \Phi_{ОН}$ , где  $\Phi_{УО}$ ,  $\Phi_{ООС}$ ,  $\Phi_{ОН}$  — магнитные потоки обмоток управляющей обратной связи и нейтрализации соответственно.

Результирующий магнитный поток и напряженность поля усилителя уменьшаются. Магнитная проницаемость сердечника и индуктивное сопротивление рабочей обмотки растут. Ток в РО усилителя и в УО электродвигателя падает. Уменьшается и суммарный магнитный поток электродвигателя, а его частота вращения и частота тока увеличиваются.

При возрастании напряжения и частоты переменного тока преобразователя выше заданных значений процесс регулирования протекает в обратном порядке.

Особенность данного преобразователя в том, что серийная обмотка (СО) электродвигателя включена последовательно с серийной обмоткой генератора (СОГ). Такое включение обмоток позволяет осуществлять частичное регулирование напряжения генератора при изменении нагрузки преобразователя. Например, при повышении нагрузки преобразователя напряжение генератора уменьшается. Ток, потребляемый электродвигателем, и ток протекающий по СОГ, увеличиваются, что вызывает рост магнитного потока и напряжения генератора. При снижении нагрузки процесс частичной стабилизации напряжения протекает в обратном порядке.

Для коррекции напряжения при изменении частоты в схему регулирования напряжения и частоты переменного тока преобразователя введена гибкая отрицательная обратная связь в виде последовательного резонансного контура (дроссель ДК-20, конденсатор С9), настроенного на резонансную частоту 450—480 Гц и включенного последовательно с управляющей обмоткой генератора (УОГ). При увеличении частоты переменного тока возрастают ток во внешней цепи последовательного резонансного контура, ток в управляющей обмотке генератора, суммарный магнитный поток и напряжение генератора. Таким образом, повышается сигнал, подаваемый на обмотку усилителя (УО), а это, в свою очередь, увеличивает быстрдействие схемы регулирования.

При уменьшении частоты коррекции работает в обратном порядке. Таким образом, за счет резонансного контура улучшается устойчивость схемы регулирования при переходных процессах.

Для уменьшения влияния температуры окружающей среды и собственного нагрева преобразователя в схеме предусмотрена температурная компенсация отдельных цепей — резисторы R3, R5, РС-4А. Резистор РС-4А одновременно является элементом настройки схемы. Резистор РС-4А, шлиц которого выведен на переднюю панель коробки управления, служит для ручного регулирования уровня напряжения в пределах  $\pm 4$  В.

**Преобразователь ПО-750 2-й серии.** По устройству, принципу работы и по электрической схеме он аналогичен преобразователю ПО-500А и отличается мощностью, которая равна 750 В·А.

**Преобразователь ПО-1500 4-й серии** (рис. 6.2) преобразует постоянный ток напряжением 27 В в переменный однофазный напряжением 115 В частотой 400 Гц. Преобразователь относится к категории электромашинных преобразователей типа двигатель-генератор и включает в себя электромашинный агрегат и коробку управления. Электромашинный агрегат состоит из четырехполюсного электродвигателя постоянного тока со смешанным возбуждением и однофазного синхронного генератора. У электродвигателя три обмотки возбуждения: последовательная (на северных полюсах), параллельная (на южных полюсах) и управляющая, расположенная равномерно на всех четырех полюсах. Обмотка возбуждения генератора расположена на шести неподвижных полюсах.

Ротор преобразователя состоит из якоря электродвигателя и ротора синхронного генератора, имеющих общий корпус и вал. На одном конце вала смонтирован якорь электродвигателя с коллектором, на другом — ротор генератора и контактные кольца. Коллекторный щит электродвигателя имеет четыре щеткодержателя с четырьмя щетками МГС-8 размерами 8X10X20 мм. Щиты со стороны коллектора и контактных колец закрыты колпаками.

На корпусе электромашинного агрегата стоит коробка управления, в ней — элементы запуска преобразователя и элементы

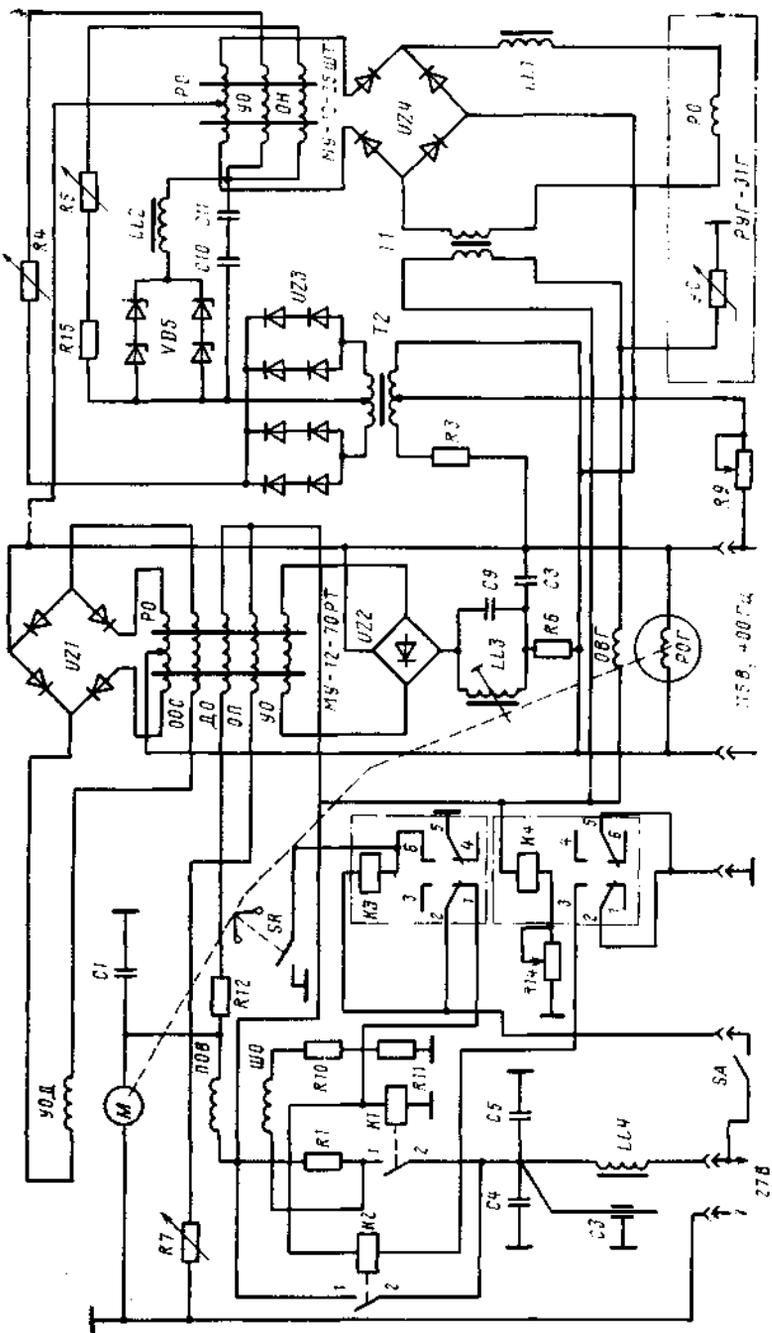


Рис. 6.2. Функциональная электрическая схема преобразователя ПО-1500 4-й серии

схемы автоматического регулирования напряжения и частоты переменного тока преобразователя:

контакты типа ТКС101ДТ ( $K1, K2$ ) и два реле ТКЕ22ПДТ ( $K3, K4$ ) в цепи запуска преобразователя;

магнитный усилитель МУ-12-70РТ;

магнитный усилитель МУ-12-25ШТ;

дроссель ДК-11 ( $LL3$ ), который с конденсатором  $C9$  представляет собой параллельный резонансный контур;

понижающий трансформатор Тр-35Б ( $T2$ );

дроссели фильтров ДФ-29-1 ( $LLJ$ ) и ДФ-1А ( $LL2$ );

стабилизирующий трансформатор ТС-11ТР ( $T1$ );

угольный регулятор напряжения РУГ-31Г;

стабилитроны Д-809 ( $VD5$ );

кремниевые выпрямители Д-207 ( $UZ1, UZ2, UZ3$ );

селеновые выпрямители 25ДД4Г-1 ( $UZ4$ );

конденсаторы и резисторы.

Запуск преобразователя двухступенчатый с ограничением пускового тока. Для этой цели в цепь запуска включен пусковой резистор (спираль из четырех витков нихромовой проволоки диаметром 4 мм и сопротивлением 0,0255—0,0345 Ом). При включении преобразователя напряжение бортсети через нормально замкнутые контакты 2—1 реле  $K3$  подается на контактор  $K1$ , который, срабатывая, подключает электродвигатель преобразователя через пусковой резистор  $R1$  к бортсети. Резистор  $R1$  ограничивает пусковой ток примерно в 3 раза, и якорь электродвигателя начинает вращаться. По мере увеличения частоты вращения якоря противоэлектродвижущая сила возрастает, а ток электродвигателя и падение напряжения на  $R1$  соответственно уменьшаются. Когда значение противоэлектродвижущей силы достигает 15—16 В, срабатывает реле  $K4$ , включенное на зажимы электродвигателя через регулировочный резистор  $R14$ , через контакты 2—3 реле  $K4$  включается контактор  $K2$ . Он своими контактами шунтирует пусковой резистор  $R1$ , и электродвигатель включается на полное напряжение бортсети.

При отказе генератора преобразователя управляющая обмотка электродвигателя будет обесточена, что приведет к уменьшению результирующего магнитного потока и увеличению частоты вращения. При частоте вращения (9500+500) мин<sup>-1</sup> замыкаются контакты центробежного переключателя  $SR$  и минус бортсети замыкается на обмотку реле  $K3$ . Это реле, срабатывая, блокируется через свои контакты 5—6, а контактами 2—1 размыкает цепь питания обмоток контакторов  $K1, K2$ , которые отключают преобразователь от сети.

Для повторного включения преобразователя выключатель  $SA$  устанавливают в положение ВЫКЛЮЧЕНО (при этом отключается реле  $K3$ ), а затем — в положение ВКЛЮЧЕНО. Преобразователь начинает работать.

Стабилизация частоты переменного тока производится по замкнутому циклу, т. е. чувствительный элемент измеряет отклонение частоты от заданной и вырабатывает сигнал, пропорциональный этому отклонению. Сигнал поступает в усилительный элемент, а затем подается в исполнительный элемент, который приводит частоту к заданной. Чувствительным элементом служит параллельный резонансный контур (дроссель  $LL3$ , конденсатор  $C9$ ).

Угловую резонансную частоту  $\omega_p$  (пренебрегая активным сопротивлением) определяют из уравнения  $X_L - X_C$  или  $1/\omega_p C = \omega_p L$ , откуда  $\omega_p = 1/\sqrt{LC}$  и  $f_p = 1/2\pi\sqrt{LC}$ , где  $XL$  — индуктивное сопротивление дросселя  $LL3$ ;  $X_C$  — емкостное сопротивление конденсатора  $C9$ ;  $C$  — емкость конденсатора  $C9$ ;  $L$  — индуктивность дросселя  $LL3$ ;  $f_p$  — резонансная частота.

Изменяя индуктивность, можно изменять резонансную частоту и перемещать характеристику вдоль оси абсцисс (для этого верхнее ядро дросселя выполнено поворотным).

Контур настроен на частоту 480—520 Гц, но так как частота переменного тока преобразователя 400 Гц, то рабочая точка расположена на левой ветви характеристики контура. При уменьшении частоты переменного тока преобразователя ток во внешней цепи возрастает, а при увеличении частоты переменного тока преобразователя ток во внешней цепи контура уменьшается.

Усилительным элементом является МУ-12-70РТ. Он имеет трехстержневой сердечник. На среднем стержне расположены обмотки постоянного тока, на крайних стержнях — рабочая обмотка. Обмотки постоянного тока:

управляющая (УО), включенная на напряжение генератора через резистор  $R6$ , параллельный резонансный контур и выпрямитель  $UZ2$  (магнитный поток этой обмотки зависит от тока во внешней цепи контура и совпадает с потоком внутренней обратной связи); подмагничивающая (ПО), которая подсоединена на бортовую сеть постоянного тока через резистор  $R7$  и служит для выбора режима работы усилителя (магнитный поток данной обмотки направлен навстречу магнитному потоку УО);

демпферная (ДО), включенная параллельно последовательной обмотке возбуждения (ПОВ) электродвигателя через резистор  $R12$  и предназначена для улучшения устойчивости работы усилителя при изменении нагрузки преобразователя (при изменении нагрузки преобразователя изменяется и ток, потребляемый электродвигателем, следовательно, изменяется падение напряжения на ПОВ, что вызывает изменение тока в ДО усилителя, который создает магнитный поток, увеличивающий или уменьшающий намагничивание усилителя);

обратной связи ООС, которая присоединена последовательно с управляющей обмоткой электродвигателя (УОД) (обратная связь

отрицательная, поэтому магнитный поток ООС направлен встречно магнитному потоку УО);

рабочая РО, расположенная на крайних стержнях (она состоит из двух ветвей и включена на напряжение генератора так что за период изменения тока по каждой ветви протекает полуволна тока; выпрямленным током РО питается УОД, которая является исполнительным элементом схемы регулирования частоты).

Регулирование частоты протекает так. При уменьшении частоты переменного тока (из-за увеличения нагрузки или уменьшении напряжения питания преобразователя постоянным током) увеличивается ток во внешней цепи параллельного резонансного контура. Следовательно, увеличивается ток и магнитный поток УО усилителя. Магнитный поток ОП практически остается неизменным и во всех случаях больше потока управляющей обмотки и направлен навстречу ему. Таким образом, результирующий магнитный поток  $\Phi_p = \Phi_{ОП} + \Phi_{ООС} + \Phi_{ДО} - \Phi_{УО}$ , где  $\Phi_{ОП}$ ,  $\Phi_{ООС}$ ,  $\Phi_{ДО}$ ,  $\Phi_{УО}$  — магнитные потоки обмоток подмагничивания, обратной связи, демпферной и управляющей соответственно.

В данном случае результирующий магнитный поток уменьшится. При этом снизится напряженность поля усилителя, а магнитная проницаемость сердечника увеличится. Это вызовет рост индуктивного сопротивления РО усилителя, в результате чего ток, протекающий через эту обмотку, упадет, уменьшится и ток в УОД. Это, в свою очередь, уменьшит суммарный магнитный поток электродвигателя, и частота вращения якоря электродвигателя возрастает, поскольку

$$n = \frac{U_c - I_{я} R_{я}}{C_e (\Phi_{пов} + \Phi_{ш.о.} + \Phi_{у.о.д.})},$$

где  $U_c$  — напряжение сети;  $I_{я}$ ,  $R_{я}$  — ток и сопротивление в цепи якоря электродвигателя;  $C_e$  — постоянный коэффициент;  $\Phi_{пов}$ ,  $\Phi_{ш.о.}$ ,  $\Phi_{у.о.д.}$  — магнитные потоки соответственно последовательной, параллельной и управляющей обмоток двигателя,

При увеличении частоты вращения электродвигателя повысится и частота переменного тока преобразователя, так как  $f = np/60$ , где  $n$  — частота вращения ротора генератора,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $p$  — число пар полюсов генератора; 60 — время, с. При возрастании частоты более номинальной процесс регулирования протекает в обратном порядке.

Напряжение переменного тока стабилизируется автоматически изменением тока возбуждения генератора. Чувствительным элементом системы регулирования служит УО усилителя МУ-12-25ШТ и блок стабилитронов VD5. Стабилитроны VD5 в данном случае выполняют функцию нелинейного сопротивления для УО и функцию стабилизатора напряжения для его обмотки нейтрализации.

Усилительным элементом служит усилитель МУ-12-25ШТ, исполнительным регулятор РУТ-31Г. Угольный столб регулятора

включен в цепь обмотки возбуждения генератора, обмотка электромагнита регулятора является нагрузкой магнитного усилителя.

Магнитный усилитель имеет трехстержневой сердечник. На среднем стержне расположены УО и ОН, а на крайних стержнях — РО. УО включена на вторичную обмотку трансформатора  $T2$  через двухполупериодный выпрямитель  $UZ3$  со средней точкой, резистор  $R4$ , дроссель  $LL2$  и стабилитроны  $VD5$ . Таким образом, магнитный поток, создаваемый током УО, зависит от тока стабилитронов, а ток стабилитронов определяется уровнем напряжения на вторичной обмотке  $T2$ . ОН присоединена параллельно стабилитронам  $VD5$  через резисторы  $R5$ ,  $RI5$  и находится под стабилизированным напряжением. Таким образом, при изменении напряжения генератора магнитный поток ОН остается неизменным и направлен навстречу потоку УО.

РО усилителя расположена на крайних стержнях. Она состоит из двух ветвей и включена на напряжение генератора так, что ток в каждой ветви протекает только в течение полупериода изменения тока. Нагрузка этой обмотки — обмотка электромагнита регулятора РУГ-31Г, включенная через выпрямитель  $UZ4$ , дроссель  $LL1$  и вторичную обмотку трансформатора  $T1$ .

Напряжение регулируется следующим образом. При уменьшении напряжения переменного тока генератора вследствие увеличения нагрузки или падения напряжения питания электродвигателя снижается значение тока и, следовательно, уменьшается магнитный поток УО, а магнитный поток ОН остается неизменным. Так как магнитные потоки этих обмоток направлены встречно, результирующий магнитный поток  $\Phi_p = \Phi_{УО} - \Phi_{ОН}$ .

В данном случае результирующий поток и напряженность усилителя уменьшаются, магнитная проницаемость сердечника и индуктивное сопротивление рабочей обмотки усилителя увеличиваются. Ток в РО усилителя и ток в обмотке электромагнита регулятора РУГ-31Г снижаются. В результате давление на угольный столб регулятора возрастает, а сопротивление столба уменьшается. Поскольку угольный столб включен в цепь обмотки возбуждения генератора (ОВГ), сопротивление цепи возбуждения уменьшается, а ток возбуждения генератора и напряжение растут. При увеличении напряжения генератора выше номинального значения процесс регулирования протекает в обратном порядке.

В схему регулирования напряжения генератора введен трансформатор  $T1$ , который улучшает устойчивость схемы регулирования при переходных процессах. Первичная обмотка этого трансформатора включена параллельно ОВГ, а вторичная — последовательно с обмоткой электромагнита регулятора — РУГ-31Г. В установившемся режиме трансформатор влияния на работу системы регулирования не оказывает.

При изменении режима работы преобразователя изменяется ток возбуждения генератора. Поэтому изменяется и ток в первично

ной обмотке трансформатора, что вызывает изменение магнитного потока в сердечнике, в результате чего во вторичной обмотке трансформатора  $T1$  индуцируется импульс ЭДС, полярность которой зависит от характера изменения тока возбуждения. Индуцируемый импульс ЭДС, складываясь или вычитаясь с приложенным напряжением, вызывает соответствующие изменения тока в обмотке электромагнита регулятора, что в конечном итоге уменьшает амплитуду колебания якоря регулятора, а следовательно, и амплитуду колебания регулируемого напряжения.

Для проверки работы преобразователя ПО-1500 4-й серии выключатель  $SA$  устанавливают в положение ВКЛЮЧЕНО и по вольтметру проверяют выходное напряжение, которое должно быть равно  $(115 \pm 3,45)$  В при полностью включенной нагрузке. Если напряжение не соответствует этому значению, его добиваются с помощью выносного резистора  $R9$ , который обеспечивает подрегулировку напряжения преобразователя на  $\pm 4$  В.

**Преобразователь ПО-4500 7-й серии.** Он (рис. 6.3) преобразует постоянный ток напряжением 27 В в однофазный переменный ток напряжением 115 В частотой 400 Гц. Данный преобразователь по устройству, а также принципу регулирования частоты и напряжения аналогичен преобразователю ПО-1500 4-й серии, но имеет некоторые отличия.

Преобразователь включает в себя электромашинный агрегат и коробку управления. Электромашинный агрегат состоит из шестиполюсного электродвигателя смешанного возбуждения с тремя дополнительными полюсами и однофазного синхронного шестиполюсного генератора. На этом агрегате сверху расположена коробка управления, в которой установлены элементы двухступенчатого запуска, регулирования частоты и напряжения. Особенностью схемы регулирования частоты является то, что магнитный усилитель ДО-26-250Б имеет дополнительную корректирующую обмотку (КО), включенную на вторичную обмотку трансформатора тока ТТ-1А через выпрямительный мост  $UZ3$ . Первичная обмотка трансформатора ТТ1А включена в цепь нагрузки генератора. Когда генератор нагружен, потребляемый двигателем ток большой. Это приводит к увеличению падения напряжения на последовательной обмотке (ПОВ) и тока, а также магнитного потока демпферной обмотки. Дополнительное подмагничивание усилителя смещает рабочую точку на характеристике усилителя, а это приводит к отклонению частоты от заданной. Для устранения этой погрешности служит обмотка коррекции. При нагруженном генераторе по первичной обмотке трансформатора ТТ-1А протекает ток и во вторичной обмотке индуцируется ЭДС, которая выпрямляется выпрямительным мостом  $UZ3$  и прикладывается к КО. По ней протекает ток, создающий магнитный поток, направленный встречно магнитному потоку демпферной обмотки и компенсирующий его.

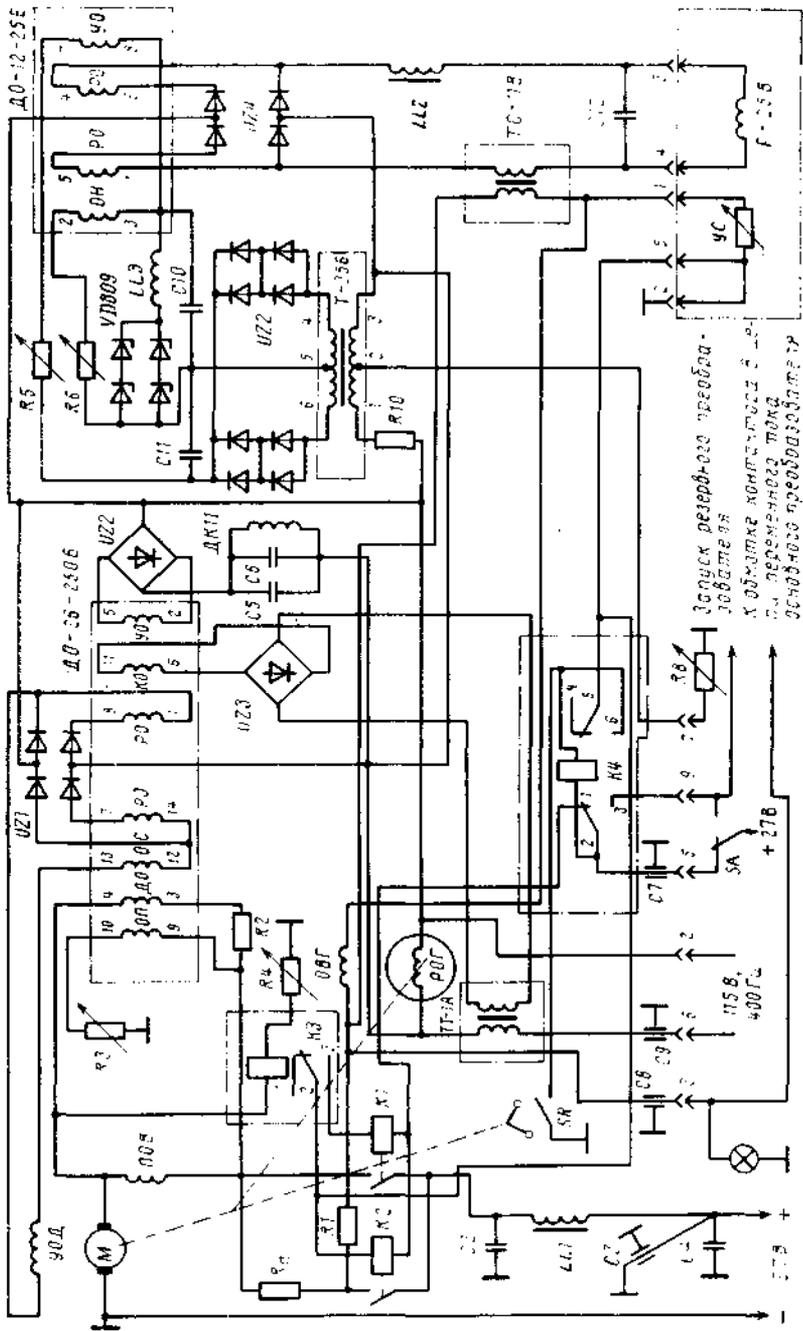


Рис. 6.3. Функциональная электрическая схема преобразователя ПО-4500 7-й серии

Работу преобразователя ПО-4500 7-й серии проверяют в такой последовательности:

устанавливают ручку переключателя управления преобразователями в положение РАБОЧИЙ и по вольтметру проверяют выходное напряжение рабочего преобразователя без нагрузки, которое должно быть в пределах 115—118 В;

вращая с помощью отвертки ось ползунка выносного резистора РС-4 из одного крайнего положения в другое, проверяют изменение выходного напряжения преобразователя, которое должно плавно изменяться от 111 до 118 В;

устанавливают выходное напряжение 115 В;

проверяют выходное напряжение при включении потребителя переменного тока (например, радиолокатора), напряжение под нагрузкой должно быть  $(115 \pm 4,6)$  В;

отключают нагрузку;

переводят ручку переключателя управления преобразователями в нейтральное положение, а затем в положение РЕЗЕРВНЫЙ. При этом должен включиться в работу резервный преобразователь ПО-4500 7-й серии и загореться сигнальная лампа РЕЗЕРВНЫЙ ПО-4500 РАБОТАЕТ.

Проверка работы резервного преобразователя аналогична проверке работы основного,

**Преобразователь ПТ-1000ЦС.** Он (рис. 6.4) преобразует постоянный ток напряжением 27 В в переменный трехфазный напряжением 36 В частотой 400 Гц.

Преобразователь включает в себя электромашинный агрегат и коробку управления КУ-1000ЦС-2. Электромашинный агрегат состоит из четырехполюсного электродвигателя постоянного тока со смешанным возбуждением и трехфазного синхронного генератора. У электродвигателя серийная (СО) и управляющая (УОД) обмотки равномерно расположены на всех четырех полюсах. Его якорь набран из листовой электротехнической стали. Коллекторный щит отлит из сплава алюминия. В щите установлены четыре щеткодержателя реактивного типа со щетками МГС-8 размером 8X16X X25 мм.

Генератор преобразователя имеет две обмотки: рабочую (РОГ) и управляющую (УОГ). Обе обмотки расположены в пазах ядра статора, который представляет собой пакет, набранный из листовой электротехнической стали. Индуктором генератора служат постоянные магниты, отлитые из специального сплава в алюминиевый корпус. Индуктор генератора шестиполюсный, расположен на одном валу с якорем электродвигателя.

На корпусе преобразователя стоит коробка управления, в ней находятся:

элементы запуска преобразователя, элементы схемы автоматического регулирования напряжения и частоты переменного тока преобразователя;

магнитные усилители МУ-12-70К и МУ-12-70НМ;

дроссель Др-4АТ, который вместе с конденсатором СЗ образует последовательный резонансный контур и выполняет функцию чувствительного элемента схемы регулирования частоты;

дроссель фильтра LL2 в цепи стабилизаторов;

дроссель фильтра *LL1* в цепи питания преобразователя постоянным током;

автотрансформатор *AT-26-5M*;

стабилизирующий трансформатор *ТС-5Г*;

контактор *ТКС-101ДТ (К)* для включения преобразователя;

кремниевые выпрямители *UZ1—UZ6*;

стабилитроны *Д-809 (VD1—VD4)*;

конденсаторы фильтра.

Запуск преобразователя одноступенчатый без ограничения пускового тока начинается после установки выключателя *SA* в положение *ВКЛЮЧЕНО*. Срабатывает контактор *К*, и напряжение борсети через проходные конденсаторы *C1, C2*, дроссель *LL1*, контакты контактора подается на *СО* и обмотку якоря электродвигателя. Якорь начинает вращаться, вращая индуктор генератора. По мере вращения индуктора появляется напряжение переменного тока в рабочих обмотках генератора.

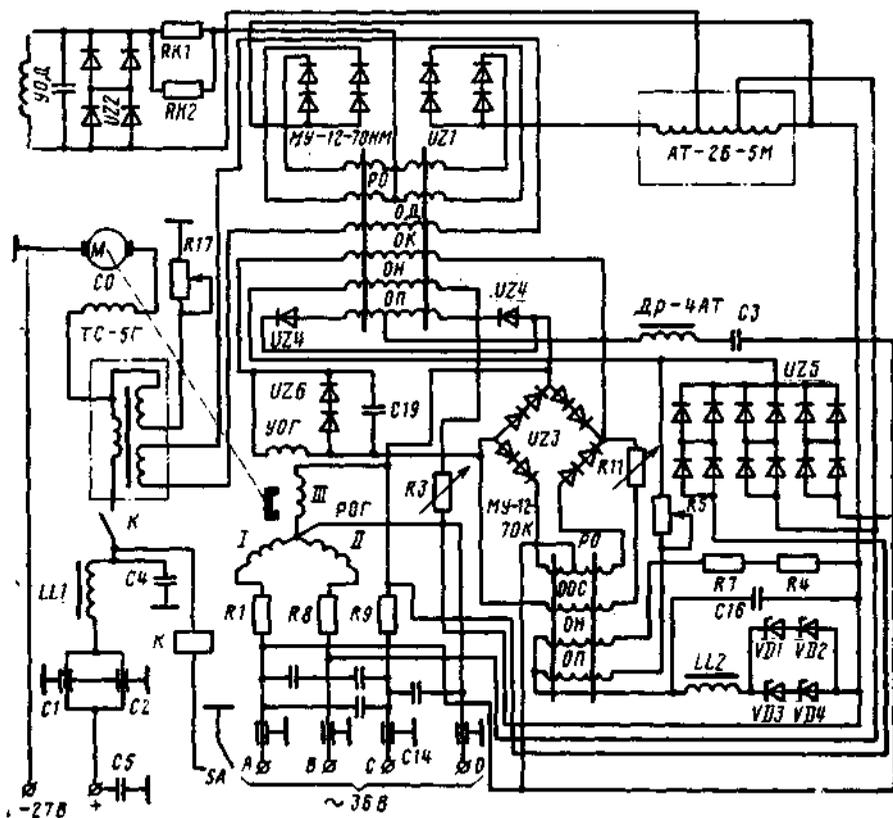


Рис. 6.4. Функциональная электрическая схема преобразователя ПТ-1000 ЦС

Стабилизации частоты переменного тока в этом преобразователе добиваются за счет стабилизации частоты вращения якоря электродвигателя путем автоматического изменения тока в УОД в следующей последовательности; чувствительный элемент измеряет отклонение частоты от заданной и вырабатывает сигнал, пропорциональный этому отклонению; сигнал следует на усилительный элемент, где возрастает и подается на исполнительный элемент; этот элемент приводит частоту переменного тока к заданной.

Чувствительным элементом является последовательный контур (дроссель Др-4АТ, конденсатор СЗ). Контур настроен на резонансную частоту 450—470 Гц за счет изменения индуктивности дросселя Др-4АТ, для чего у него предусмотрены отпайки и две регулировочные гайки. С помощью гаек можно изменять воздушный зазор магнитопровода. Так как рабочая точка расположена в левой части характеристик контура, то при увеличении частоты переменного тока преобразователя ток во внешней цепи контура возрастает, и наоборот. Усилительным элементом является МУ-12-70НМ. У него трехстержневой сердечник. На среднем стержне расположены обмотки постоянного тока, на крайних стержнях — переменного.

Обмотки постоянного тока:

подмагничивания (ОП), включенная на линейное напряжение генератора между первой и третьей фазами через последовательный резонансный контур и выпрямитель УЗ4. Магнитный поток этой обмотки пропорционален току внешней цепи резонансного контура, следовательно, он изменяется пропорционально изменению частоты переменного тока и направлен согласно с потоком внутренней обратной связи;

нейтрализации (ОН), подсоединенная на выпрямительное напряжение генератора через трехфазный выпрямитель УЗ5 и резистор RЗ. Данная обмотка создает магнитный поток, пропорциональный среднему значению фазного напряжения преобразователя и направленный встречно магнитному потоку ОП, а следовательно, и потоку внутренней обратной связи. ОН служит для выбора рабочей точки на характеристике усилителя;

демпферная (ОД), включенная на вторичную обмотку трансформатора ТС-5Г. Она улучшает устойчивость схемы регулирования при переходных процессах. Первичная обмотка трансформатора ТС-5Г — провод, обтекаемый током электродвигателя, вторичная обмотка включена на ОД. В трансформаторе имеется и размагничивающая обмотка, компенсирующая постоянное подмагничивание, создаваемое первичной обмоткой трансформатора. Трансформатор ТС-5Г вводит в схему гибкую отрицательную обратную связь, при изменении частоты вращения якоря изменяется потребляемый ток и во вторичной обмотке трансформатора возникает ЭДС; за счет нее по ОД усилителя протекает ток, который создает магнитный поток, противодействующий потоку намагничивания, что в

конечном итоге вызывает затормаживание изменения тока в УОД, т. е. колебательный процесс переходного режима будет затухающим, что значительно повышает устойчивость схемы регулирования;

**коррекции (ОК)**, соединенная последовательно с управляющей обмоткой генератора. Ее магнитный поток направлен согласно с потоком ОП. ОК уменьшает изменение уровня частоты при изменении нагрузки преобразователя;

**рабочие (РО)**, включенные на фазное напряжение генератора через автотрансформатор АТ-26-5М. Обмотки включены двумя секциями в параллель, что позволяет снизить ток через плечо выпрямителя *UZI* и применять маломощные диоды. Выпрямленным током обмоток питается УОД. Кроме того, эти обмотки создают в среднем стержне магнитный поток положительной обратной связи, пропорциональной току нагрузки.

Исполнительным элементом схемы регулирования частоты служит УОД, включенная на выход усилителя МУ-12-70НМ через выпрямитель *UZI*. Частота регулируется следующим образом. При уменьшении частоты переменного тока из-за возрастания нагрузки уменьшается ток во внешней цепи последовательного резонансного контура, что вызывает снижение тока, а следовательно, и магнитного потока ОП усилителя. Магнитный поток ОН остается практически неизменным, поскольку напряжение преобразователя поддерживается постоянным за счет схемы регулирования напряжения. Магнитные потоки ОП и ОН направлены встречно. Результирующий магнитный поток  $\Phi_p = \Phi_{оп} + \Phi_{ок} - \Phi_{он} \pm \Phi_{од}$  снизится, что вызовет уменьшение напряженности поля усилителя, а его магнитная проницаемость и индуктивное сопротивление рабочих обмоток увеличатся. Ток же в РО усилителя и ток в УОД электродвигателя понизятся. Уменьшение тока в УОД приведет к возрастанию частоты вращения преобразователя, а следовательно, к увеличению частоты переменного тока. При увеличении частоты переменного тока более номинальной регулирование протекает в обратном порядке.

Для большей стабильности системы регулирования частоты при изменении температуры на выходе магнитного усилителя предусмотрена температурная компенсация, осуществляемая с помощью резисторов *RK1*, *RK2*, включенных последовательно с УОД. Резистор *RK1* выполнен из константана, а терморезистор *RK2* типа ММТ-9 имеет отрицательный температурный коэффициент сопротивления, поэтому общее сопротивление цепи возбуждения остается неизменным при изменении температуры. Выпрямитель *U22*, включенный параллельно УОД, препятствует протеканию тока, вызванного противо-ЭДС УОД по РО усилителя.

Стабилизация напряжения переменного тока выполняется за счет изменения магнитного сопротивления ярма статора генератора при увеличении или уменьшении тока в управляющей обмотке

генератора, которая расположена в тех же пазах, где и рабочая обмотка генератора. Чувствительным элементом этой схемы регулирования напряжения служат ОП подмагничивания усилителя МУ-12-70К и стабилитроны  $VD1—VD4$ , которые используются в схеме как нелинейные сопротивления и стабилизаторы. Усилительным элементом системы является усилитель МУ-12-70К. На среднем стержне он имеет три обмотки постоянного тока, а на крайних стержнях — обмотку переменного тока.

Обмотки постоянного тока:

подмагничивания (ОП), включенная на выпрямленное напряжение генератора через трехфазный выпрямитель  $UZ5$ , резистор  $R5$  и стабилитроны  $VD1—VD4$ . Магнитный поток этой обмотки пропорционален напряжению генератора и направлен согласно с магнитным потоком внутренней обратной связи;

нейтрализации (ОН), подсоединенная на напряжение генератора через выпрямитель  $UZ5$ , резисторы  $R5$ ,  $R6$ ,  $R4$  параллельно стабилитронам  $VD1—VD4$ , благодаря чему данная обмотка находится под стабилизированным напряжением, и при изменении напряжения генератора ток и магнитный поток обмотки остаются неизменными. Магнитный поток ОН направлен навстречу потоку ОП, что предотвращает смещение рабочей точки усилителя с прямолинейного участка характеристики;

обратной связи (ООС), включенная параллельно управляющей обмотке генератора. Обратная связь положительная. Это увеличивает коэффициент усиления магнитного усилителя;

рабочие (РО) — переменного тока, состоящие из двух ветвей и расположенные на крайних стержнях сердечника усилителя. Обмотки включены на линейное напряжение генератора между первой и третьей фазами таким образом, что за период изменения тока по каждой ветви протекает полуволна тока, причем магнитные потоки суммируются в среднем стержне, создавая положительную внутреннюю обратную связь, пропорциональную току нагрузки усилителя. Выпрямым током РО питается управляющая обмотка генератора.

Исполнительным элементом системы регулирования напряжения служит управляющая обмотка генератора, включенная на выход усилителя через выпрямитель  $UZ3$ .

Напряжение регулируется следующим образом. При уменьшении напряжения генератора вследствие увеличения нагрузки преобразователя снижается ток, а следовательно, и магнитный поток обмотки подмагничивания усилителя. Магнитный же поток ОН остается неизменным.

Так как эти магнитные потоки направлены встречно, результирующий магнитный поток  $\Phi_p = \Phi_{ОП} + \Phi_{ООС} - \Phi_{ОН}$ .

В данном случае результирующий магнитный поток, намагничивающий сердечник усилителя МУ-12-70К, уменьшится. Магнитная проницаемость ( $\mu$ ) сердечника увеличится, возрастет и индук-

тивное сопротивление обмоток переменного тока, в результате чего ток в РО снизится. Упадёт и ток управляющей обмотки генератора. Уменьшение тока в управляющей обмотке генератора вызовет увеличение магнитной проницаемости ярма статора, в результате чего магнитное сопротивление ярма статора уменьшится, поскольку  $R_m = l/s\mu$ , где  $l$  — длина магнитопровода;  $s$  — сечение магнитопровода.

Снижение магнитного сопротивления ярма статора приведёт к увеличению магнитного потока возбуждения генератора, и напряжение генератора возрастёт до заданного значения, так как  $\Phi = F/R_m$ , где  $\Phi$  — магнитный поток;  $F$  — магнитодвижущая сила. При увеличении напряжения генератора более допустимого значения процесс регулирования протекает в обратном порядке.

Для компенсации влияния температуры на работу ОН последовательно с ней включены резисторы  $R4$ ,  $R7$ . Резистор  $R4$  выполнен из меди, а  $R7$  — из константана. Так как температурные коэффициенты резистора  $R4$  и стабилитронов одинакового знака, при изменении температуры окружающей среды сопротивление обеих цепей будет изменяться почти одинаково. Таким образом повышается точность регулирования напряжения при изменении температуры.

Выпрямитель  $UZ6$ , включённый параллельно управляющей обмотке генератора, разгружает диоды выпрямителя  $UZ3$  от токов самоиндукции, возникающих в управляющей обмотке генератора.

**Преобразователь ПТ-1500Ц.** Он (рис. 6.5) преобразует постоянный ток напряжением 27 В в переменный трехфазный ток напряжением 36 В частотой 400 Гц. Данный преобразователь включает в себя электромашинный агрегат, коробку управления КУ-1500Ц-2 и работает в комплекте с угольным регулятором напряжения Р-27ВТ. Электромашинный агрегат состоит из четырехполюсного электродвигателя постоянного тока со смешанным возбуждением и шестиполюсного синхронного генератора с независимым возбуждением. Обмотка возбуждения генератора расположена на шестиполюсном роторе. Концы обмотки возбуждения выведены на два контактных кольца и через коробку управления и угольный регулятор напряжения включаются на бортовую сеть постоянного тока. В коробке управления расположены элементы запуска преобразователя и схемы автоматической стабилизации частоты и напряжения.

Запуск преобразователей — двухступенчатый, с ограничением пускового тока. Схема запуска преобразователя аналогична схеме запуска преобразователя ПО-1500 4-й серии, за исключением того, что минусовая цепь контакторов  $K1$  и  $K2$  замыкается через панель регулятора Р-27ВТ, что не позволяет включить преобразователь без угольного регулятора напряжения. На валу преобразователя установлен центробежный переключатель для отключения преобразователя при увеличении частоты вращения вала выше допустимого значения  $(9500 \pm 500) \text{ мин}^{-1}$ .

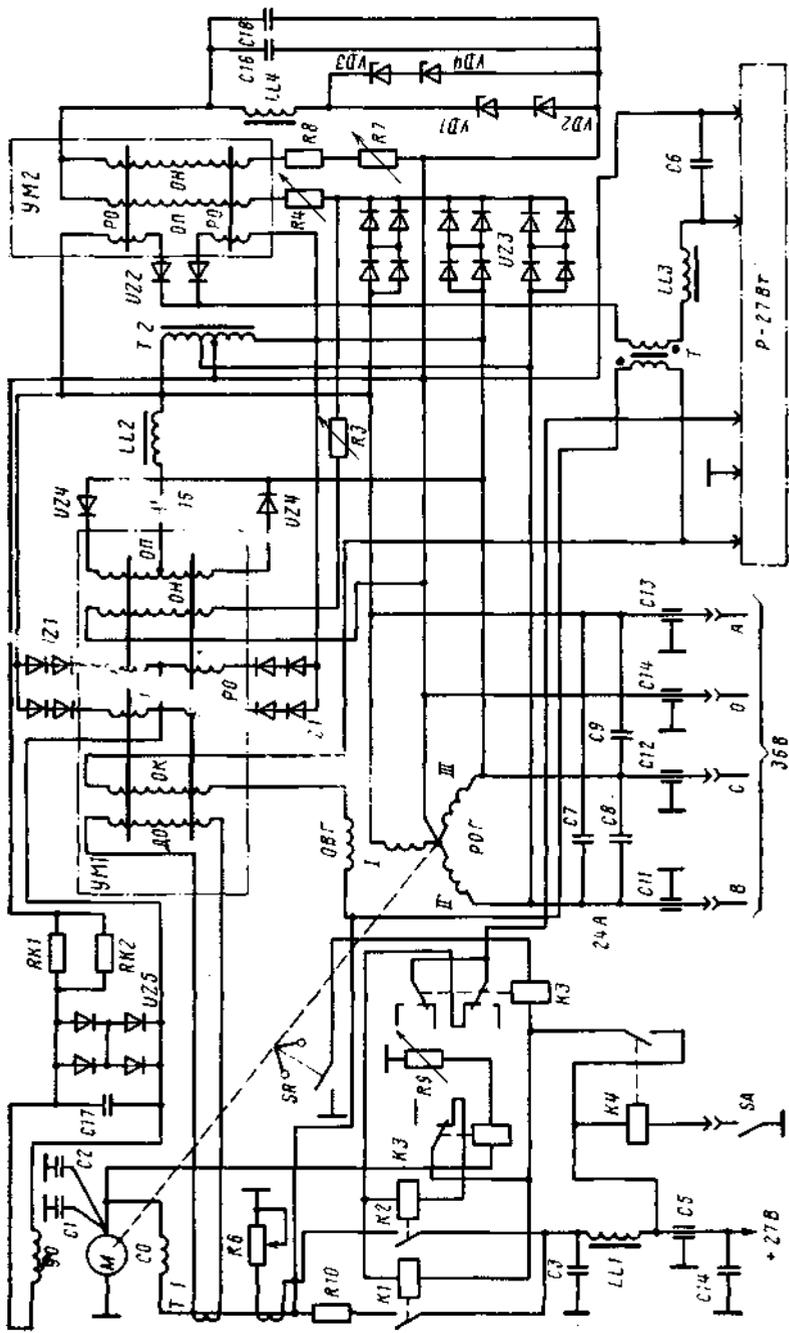


Рис 6.5. Функциональная электрическая схема преобразователя ПТ-1500II

Стабилизация частоты переменного тока выполняется так. Чувствительным элементом в схеме стабилизации частоты является последовательный резонансный контур [дроссель Др-4АТ ( $LL_2$ ), конденсатор  $C15$ ], настроенный на частоту 450—470 Гц. Дроссель выполнен с отпайками и имеет две специальные регулировочные гайки, изменяющие воздушный зазор магнитопровода для настройки преобразователя в лаборатории. Усилительным элементом служит магнитный усилитель МУ-12-70Н ( $УМ1$ ), а исполнительным элементом — управляющая обмотка электродвигателя. Стабилизация частоты происходит аналогично стабилизации частоты у преобразователя ПТ-1000ЦС.

Напряжение переменного тока стабилизируется следующим образом. Чувствительным элементом в системе стабилизации напряжения являются стабилитроны Д-809 ( $VD1—VD4$ ), включенные последовательно с обмоткой подмагничивания магнитного усилителя МУ-12-20Е ( $УМ2$ ). Этот усилитель служит усилительным элементом, а исполнительным элементом — регулятор Р-27ВТ. Напряжение стабилизируется аналогично стабилизации напряжения у преобразователя ПО-1500 4-й серии,

Статический преобразователь СПО-4. Он (рис. 6.6) преобразует постоянный ток напряжением 27 В в переменный однофазный напряжением 36 В. Он питает датчики манометров типа ДИМ.

Преобразователь имеет два канала: основной, состоящий из задающего генератора  $ЗГ1$ , выполненного на транзисторах П214А ( $VT1, VT2$ ), и усилителя мощности  $УМ1$ , и резервный, включающий в себя задающий генератор  $ЗГ2$ , выполненный на транзисторах П214 ( $VT3, VT4$ ), и усилитель мощности  $УМ2$ .

Задающий генератор — это генератор прямоугольных колебаний с трансформаторной обратной связью. Для стабилизации частоты прямоугольных колебаний в цепь обмотки обратной связи включен последовательный колебательный контур, настроенный на частоту 400 Гц. Стабилитроны Д814А ( $VD1—VD8$ ) стабилизируют потенциал базы. С выхода задающего генератора напряжение прямоугольной формы подается на вход усилителя мощности. Усилители мощности собраны по мостовой схеме:  $УМ1$  на транзисторах П217 ( $VT5—VT8$ ), а  $УМ2$  на транзисторах П217 ( $VT9—VT12$ ). Выходной трансформатор подключается к  $УМ1$  при работе основного канала, а к  $УМ2$  при работе резервного канала.

Транзисторы  $VT5, VT7$  управляются по базовым цепям от обмотки трансформатора  $T1$ , транзисторы  $VT6, VT8$  — от обмотки 1—2 трансформатора  $T3$ . В базовые цепи транзисторов  $VT5—VT12$  усилителей мощности включены резисторы  $R5—R10$ , ограничивающие колебания базовых токов при разбросе входных характеристик и колебании напряжения питающей сети.

Резисторы  $R11, R12$  и конденсатор  $C12$  обеспечивают запуск усилителей в момент включения преобразователя. Ток заряда конденсатора  $C12$  при включении преобразователя протекает по по-

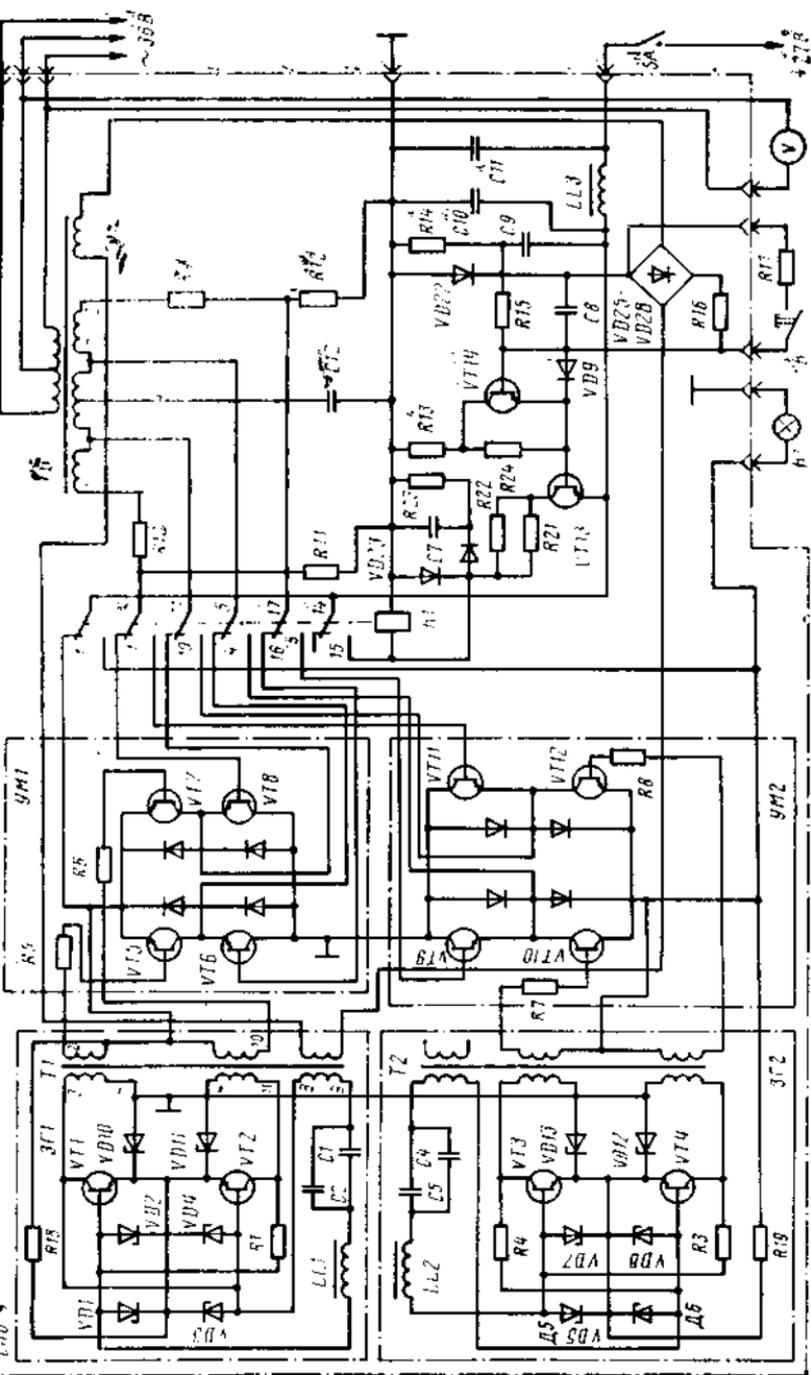


Рис. 6.6. Функциональная электрическая схема статического преобразователя СПО-4

ловине вторичной обмотки трансформатора  $T3$  и создает открывающий потенциал на обмотке, который подается на базу одного из транзисторов  $VT6$  или  $VT8$  основного канала либо одного из транзисторов  $VT9$  или  $VT11$  резервного канала. При работе основного канала после включения преобразователя напряжение бортсети постоянного тока подается на задающий генератор и усилитель мощности. В какой-то момент времени транзистор  $VT11$  начинает открываться. При этом по цепи плюс 27 В, переход эмиттера—база—коллектор транзистора  $VT1$ , обмотка 3—7 трансформатора  $T1$  и минус 27 В протекает ток. Этот же ток создает магнитный поток в сердечнике трансформатора  $T1$ . Магнитный поток, пересекая витки обмотки 8—9 трансформатора  $T1$ , наводит ЭДС обратной связи, которая полюсом будет приложена к базе транзистора  $VT2$ , а минусом — к базе транзистора  $VT1$ . Транзистор  $VT1$  будет открываться, а транзистор  $VT2$  закрываться. В этом случае ток в обмотке 3—7 трансформатора  $T1$  будет увеличиваться, а в обмотке 4—11 — уменьшаться.

При возрастании тока в обмотке 3—7 до тока насыщения транзистора  $VT1$  приращение магнитного потока в сердечнике трансформатора становится равным нулю. ЭДС обмотки обратной связи 8—9 также становится равной нулю, и транзистор  $VT2$  начинает открываться, в результате чего по цепи плюс 27 В, переход эмиттер—база—коллектор транзистора  $VT2$ , обмотка 4—11 трансформатора  $T1$  и минус 27 В будет протекать ток, создающий магнитный поток. Магнитный поток, пересекая витки обмотки 8—9, наведет ЭДС обратной связи. Эта ЭДС минусом прикладывается к базе транзистора  $VT2$ , плюсом — к базе транзистора  $VT1$ . Транзистор  $VT2$  открывается в еще большей степени, транзистор  $VT1$  закрывается. Ток в обмотке 11—4 трансформатора  $T1$  увеличивается до насыщения транзистора  $VT2$ , и процесс работы вновь повторяется. Таким образом, на выходе задающего генератора создается переменное напряжение прямоугольной формы.

Для стабилизации частоты прямоугольных колебаний в цепь обмотки обратной связи 8—9 трансформатора  $T1$  включен последовательный резонансный контур (емкости  $C1$ ,  $C2$ , дроссель  $LL1$ ). Контур настроен на частоту 400 Гц. Напряжение прямоугольной формы с выхода задающего генератора поступает на вход усилителя мощности, выполненного по мостовой схеме на транзисторах  $VT5$ — $VT8$ .

Если напряжение на обмотке 2—10 трансформатора  $T1$  имеет полярность на вводе 2 плюс, а на выводе 10 минус, то положительный потенциал подается на базу транзистора  $VT5$  (он закрывается), а отрицательный потенциал — на базу транзистора  $VT7$  (он открывается). По цепи плюс 27 В, переход эмиттер—коллектор транзистора  $VT7$ , обмотка 9—7 трансформатора  $T3$ , переход эмиттер—коллектор транзистора  $VT6$  и минус 27 В протекает ток. Ток, проходя по обмотке 9—7 трансформатора  $T3$ , создает магнитный

поток, который, пересекая витки обмоток 1—9 и 7—2 трансформатора *T3*, наводит в них ЭДС обратной связи, плюсом приложенную к базе транзистора *VT8*, а минусом — к базе транзистора *VT6*. Транзистор *VT8* будет закрыт, а *VT6* — открыт.

Через полпериода полярность на обмотке 2—10 трансформатора *T1* изменится на обратную. Транзистор *VT7* закроется, а *VT5* откроется. По цепи плюс 27 В, переход эмиттер—коллектор транзистора *VT8* и минус 27 В пройдет ток. Ток, протекая по обмотке 7—9 трансформатора *T3*, создает магнитный поток. Этот поток в обмотке 9—1 и 2—7 наведет ЭДС обратной связи, плюсом приложенную к базе транзистора *VT6*, а минусом — к базе транзистора *VT8*. Транзистор *VT6* закрыт, а *VT8* открыт. Через каждые полпериода процесс повторяется. Таким образом, напряжение переменного тока 36 В частотой 400 Гц будет сниматься со вторичной обмотки трансформатора *T3*. Для переключения выходного трансформатора с основного канала на резервный служит реле *K1*, обмотка которого включена в коллекторную цепь транзистора *VT13*.

При отсутствии аварии в основном канале транзисторы *VT13*, *VT14* закрыты напряжением, снимаемым с выпрямителя *VD25—VD28* и приложенным к параллельно соединенным резистору *R15* и конденсатору *C8*. Выпрямитель *VD25—VD28* питается суммой напряжений, снимаемых с выходного трансформатора и трансформатора задающего генератора основного канала. При закрытых транзисторах *VT13*, *VT14* через нормально замкнутые контакты *K1* на основной канал подается напряжение источника питания и выходной трансформатор подключен к усилителю мощности основного канала.

Параллельно обмотке реле *K1* подключены конденсатор *C7* и диод *VD23*. Они с резисторами *R21*, *R22* служат для исключения ложных переключений при запуске преобразователя. Резистор *R23* обеспечивает разряд *C7* после запуска преобразователя. Резистор *R14* и конденсатор *C9* обеспечивают задержку для открывающего сигнала в базовых цепях транзисторов *VT13*, *VT14* при включении преобразователя.

При аварии любого полупроводникового элемента напряжение, питающее выпрямитель *VD25—VD28*, значительно уменьшается или пропадает, и закрывающего сигнала на резисторе *R15* оказывается недостаточно. В результате транзисторы *VT13*, *VT14* открываются. Реле *K1* срабатывает с задержкой времени и блокируется через свои контакты 14—15. Напряжение питания снимается с основного канала и подается на резервный. Выходной трансформатор переключается на выход резервного канала. Диод *VD22* служит для быстрого разряда конденсатора *C9* в случае уменьшения напряжения борсети (этим исключается ложное срабатывание переключающего устройства).

Для защиты преобразователя от перенапряжения, возможного в результате аварии питающей сети, в цепи задающего генератора

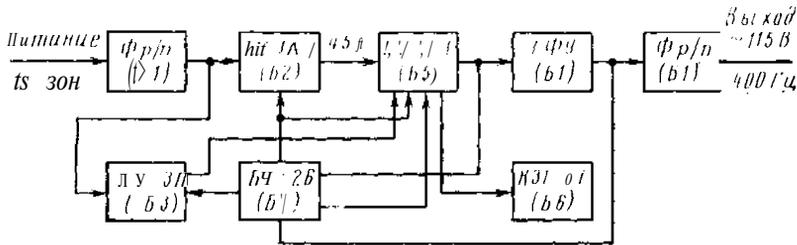


Рис. 6.7. Схема преобразователя ПОС-125ТЧ 2-й серии

(в каждом канале преобразователя) включено по два стабилитрона —  $VD10$ ,  $VD11$  и  $VD12$ ,  $VD13$  — и по резистору  $R18$  и  $R19$ . При превышении напряжения питающей сети выше 33 В стабилитроны открываются и поддерживают напряжение порядка 33 В в цепи питания задающего генератора.

В зависимости от режима работы бортсети преобразователь может работать при двух значениях напряжения: 27 В — при питании аварийной сети от стартеров-генераторов и аэродромного источника; 20—24 В — при питании аварийной сети от бортовых аккумуляторных батарей.

При нажатии на кнопку  $SB$  проверяется готовность к работе. При этом на выход выпрямительного моста (диоды  $VD25$ — $VD28$ ) включается резистор  $R17$ . Напряжение на выходе выпрямительного моста уменьшается, имитируя отказ основного канала, блок контроля срабатывает и выдает команду на включение резервного канала, о чем сигнализирует загорание лампы  $H1$ .

**Преобразователь однофазный статический ПОС-125ТЧ.** Он предназначен для преобразования электрической энергии постоянного тока напряжением 27 В в электрическую энергию однофазного переменного тока напряжением 115 В частотой 400 Гц.

Расшифровка обозначения: П — преобразователь, О — однофазный, С — статический, 125 — мощность (в В·А).

Преобразователь состоит из следующих частей (рис. 6.7):

унифицированный блок БУ-1А-1 (Б2) служит силовой частью вольтодобавочного регулятора напряжения, подключенного по входу к источнику питания и по выходу к блоку БУ-4Т-1 (Б5), и изменяет величину выходного напряжения. Блок состоит из силовых транзисторов и трансформаторов. Изменение скважности (отношение времени открытого состояния силовых транзисторов к периоду коммутации транзисторов) влияет на величину выходного напряжения;

унифицированный блок БУ-3П (Б3) состоит из двух частей: стабилизатора напряжения, преобразующего входное напряжение преобразователя в напряжение 12 В, используемое в цепях управления, и схемы управления силовой частью регулятора напряже-

ния (блока *Б2*). Стабилизатор состоит из линейного стабилизатора, магнитного мультивибратора, магнитного усилителя с измерительным органом, проходного ключа на транзисторе и выходного *LC* фильтра. Схема управления блоком *Б2* состоит из магнитного мультивибратора, магнитного усилителя, дифференцирующих цепочек и предназначена для подачи пусковых сигналов на открытие силовых транзисторов блока *Б2*;

унифицированный блок БУ-26 (*Б4*) содержит узлы: управления пуском преобразователя, защиты от короткого замыкания и перегрузок, защиты от перенапряжения, измерительного органа вольтдобавочного регулятора напряжения и нормализатора автоконтроля;

силовой инвертор с блоком управления БУ-4Т-1 (*Б5*), предназначенного для преобразования регулируемого постоянного напряжения на выходе вольтдобавочного регулятора (блок *Б2*) в переменное напряжение стабильной частоты, имеющее прямоугольную форму. Функционально блок состоит из двух частей — схемы управления и силовой инверторной части. Схема управления определяет порядок коммутации транзисторов инверторной части и выполнена в виде задающего генератора и двух трансформаторных мультивибраторов, прямоугольные напряжения которых сдвинуты по фазе на  $120^\circ$  с помощью фазосдвигающего устройства. Питание схемы управления осуществляется стабилизированным постоянным напряжением 12 В с выхода блока стабилизатора и дополнительно фильтруется конденсатором. Задающий генератор тройной частоты (1200 Гц) представляет собой трансформаторный мультивибратор и выполнен на двух транзисторах и трансформаторе, его частота стабилизируется с помощью *L—C* контура. Для более точной стабилизации частоты (1200±0,6) Гц на задающий генератор подается синхронизирующий сигнал с выхода кварцевого задающего генератора (КЗГ). В случае отказа КЗГ или использования блока *Б5* без КЗГ система работает с более грубой стабилизацией частоты (1200±24) Гц, что соответствует частоте на выходе преобразователя (400±8) Гц. Первый и второй трансформаторные мультивибраторы управляют силовыми транзисторами инверторной части и одновременно являются делителями частоты задающего генератора (делит на три). Силовая инверторная часть выполнена на транзисторах, включенных по мостовой схеме. Для повышения КПД преобразователя силовые транзисторы имеют токовую положительную обратную связь, осуществляемую с помощью индивидуальных токовых трансформаторов;

блок кварцевого задающего генератора КЗГ-6Т (*Б6*) предназначен для точной стабилизации частоты выходного напряжения статического преобразователя. Преобразователь содержит собственный задающий генератор с *L—C* контуром в блоке *Б5*, который обеспечивает точность по частоте приблизительно 2%. Для более точной стабилизации частоты выход блока *Б6* включен последова-

тельно в цепь положительной обратной связи задающего генератора с  $L-C$  контуром. При этом стабильность частоты выходного напряжения  $L-C$  контура задающего генератора и, следовательно, выходного напряжения всего преобразователя определяется стабильностью блока  $B6$  и равна  $\pm 0,05\%$ ; исключена возможность сбоя в кривой выходного напряжения  $L-C$  генератора, возникающего из-за длительной раскачки кварцевого резонатора при пуске; обеспечивается работоспособность  $L-C$  генератора с точностью по частоте приблизительно  $2\%$  при любой аварии транзисторов блока  $B6$ ;

блок  $B1$  содержит: формирующий фильтр, преобразующий прямоугольное напряжение в синусоидальное; фильтр защиты от радиопомех по входу и выходу (дрессели и конденсаторы); силовой трансформатор; диоды для защиты преобразователя от питания с неправильной полярностью.

При подключении к преобразователю источника питания (блока  $B3$ ) блок управления вольтодобавочным регулятором возбуждается и стабилизированное напряжение подается на вход блока  $B2$ , который является силовой частью вольтодобавочного регулятора и по выходу нагружен на силовой инвертор блока  $B5$ . С выхода блока  $B5$  переменное напряжение прямоугольной формы подается на трансформаторно-фильтрующее устройство, при помощи которого преобразуется в синусоиду с коэффициентом искажения не более  $8\%$ . Автоматическая система регулирования обеспечивает стабилизацию выходного напряжения на уровне  $115\text{ В}$  как при изменении напряжения питания, так и при изменении величины нагрузки.

**Преобразователь трехфазный статический ПТС-250** 2-й серии. Предназначен для преобразования электрической энергии постоянного тока напряжением  $27\text{ В}$  в электрическую энергию трехфазного переменного тока напряжением  $36\text{ В}$  частотой  $400\text{ Гц}$ .

Расшифровка обозначения: П — преобразователь, Т — трехфазный, С — статический, 250 — выходная мощность (В·А).

Преобразователь состоит из следующих составных частей (рис. 6.8):

вольтодобавочные регуляторы напряжения БУ-1А-1 ( $B6$ ,  $B7$ ); блок управления вольтодобавочными регуляторами напряжения и стабилизатор напряжения БУ-3П-1 ( $B5$ );

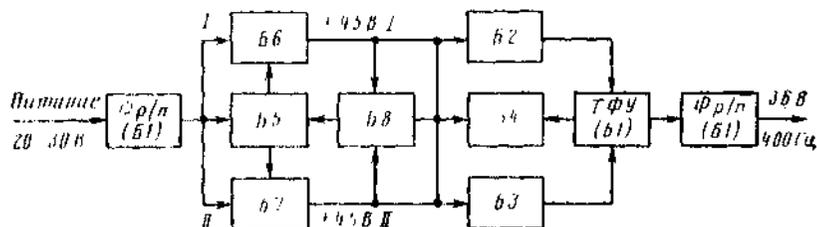


Рис. 6.8. Схема преобразователя ПТС-250 2-й серии

силовые инверторы с блоками управления БУ-4Т-1 и БУ-5Т (Б2, Б3). Назначение и состав блоков БУ-1А-1, БУ-3П-1, БУ-4Т-1 аналогичны назначению и составу блоков Б2, Б3, Б5 преобразователя ПОС-125ТЧ. Унифицированный блок БУ-5Т (Б3) полностью аналогичен блоку БУ-4Т-1, за исключением того, что он предназначен лишь для использования в трехфазных преобразователях и является ведомым. Отличие заключается в том, что задающий генератор, работающий также на частоте 1200 Гц и выполненный на двух транзисторах и трансформаторе, принудительно синхронизируется через отдельный магнитный усилитель, расположенный в блоке БУ-7П от задающего генератора блока БУ-4Т-1 с фазовым сдвигом  $90^\circ$ ;

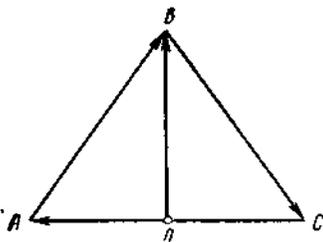


Рис 6.9 Схема Скотта

блок БУ-7П (Б4) является унифицированным измерительным блоком для трехфазных преобразователей. В блоке конструктивно размещены четыре узла: измерительные органы вольтодобавочных регуляторов напряжения I и II каналов преобразователей, фазосдвигающее устройство и нормализатор автоконтроля;

функциональный блок ФБ (Б1), содержащий выходной каскад (трансформаторно-фильтрующее устройство ТФУ); входной и выходной фильтры радиопомех Ф р/п;

блок унифицированный БУ-23 (Б8), содержащий узел управления пуском преобразователя, узел защиты от короткого замыкания и перегрузок, узел защиты от перенапряжений.

Из схемы преобразователя (см. рис. 6.8) видно, что преобразование напряжения идет по двум независимым каналам (I и II), каждый из которых содержит вольтодобавочный регулятор напряжения Б6 и Б7 и инверторную часть со схемой управления Б2 и Б3. Объединение каналов на выходе преобразователя осуществляет выходной трансформаторно-фильтровый узел ТФУ блока Б1. Общими для обоих каналов являются унифицированные блоки Б5, Б4, Б8. Трехфазная система выходных напряжений образуется на основе схемы Скотта из двух напряжений, сдвинутых между собой на фазовый угол  $90^\circ$  (рис. 6.9).

С помощью I канала формируется напряжение  $U_{AC}$ , а с помощью II канала — вспомогательное напряжение  $U_{OB}$ . Фазовый сдвиг напряжений обоих каналов осуществляется с помощью магнитного усилителя, расположенного в блоке Б4. В цепи нагрузки блоков Б2 и Б3 включены датчики токовой защиты, расположенные в блоке Б8 и воздействующие при перегрузке на схемы управления инверторных ячеек блоков Б2, Б3 и схему управления блоков Б6 и Б7.

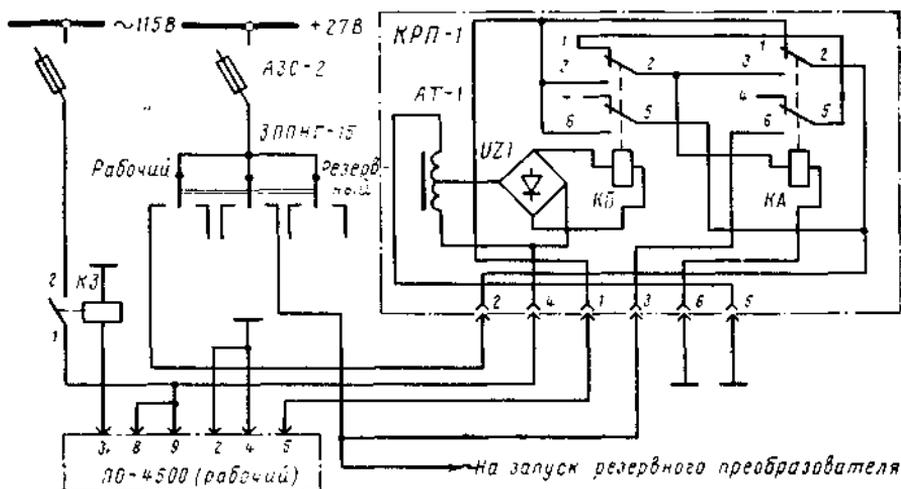


Рис. 6.10. Функциональная электрическая схема коробки переключающих реле КРП-1

В схеме преобразователя предусмотрена защита от перенапряжений питающей сети (блок *Б8*), воздействующая на схемы управления инверторных ячеек блоков *Б2*, *Б3* и схему управления блоков *Б6* и *Б7*. На входе и выходе преобразователя установлены фильтры радиопомех *Фр/п*, гасящие помехи, возникающие при работе преобразователя.

Коробка переключающих реле КРП-1 служит для отключения от основной сети рабочего преобразователя и подключения резервного при обрыве цепи переменного тока, коротком замыкании в генераторе преобразователя или сети переменного тока, а также при прекращении питания электродвигателя преобразователя.

Электрическая схема коробки представлена на рис. 6.10. Коробка КРП-1 состоит из двух реле РП-2 (*КА* и *КБ*), автотрансформатора *АТ-1* и селенового выпрямителя *УЗ1*.

При установке переключателя ЗППНТ-К преобразователя в положение РАБОЧИЙ напряжение бортовой сети через нормально замкнутые контакты 2—1 реле *КБ* подается на обмотку контактора включения рабочего преобразователя ПУ-4500. После его включения напряжение переменного тока 115 В частотой 400 Гц подается на обмотку автотрансформатора *АТ-1*, с которого через выпрямитель *УЗ1* питание подается на реле *КА*. Реле *КА*, срабатывая, своими контактами 5—6 блокирует цепь включения контактора рабочего преобразователя, а через контакты 3—2 подает питание на реле *КБ*. Оно, срабатывая, своими контактами 2—1 не отключает обмотку контактора рабочего преобразователя, так как он получает питание через контакты 5—6 реле *КА*. Через свои контакты 2—

3 реле *КБ* блокируется. При отказе рабочего преобразователя снимается питание с автотрансформатора *АТ-1* и реле *КА* отключается. При этом отключается рабочий преобразователь. Напряжение бортсети через контакты 2—3 реле *КБ*, нормально замкнутые контакты 2—1 реле *КА*. контакты 5—6 реле *КБ* поступает на включение резервного преобразователя.

Для проверки работоспособности коробки переключающих реле *КПР-1* ручку переключателя *ЗППНТ-К* устанавливают в положение *РАБОЧИЙ* и отключают автомат защиты рабочего преобразователя для имитации отказа. При этом **должен** включиться в работу резервный преобразователь *ПО-4500* 7-й серии и должна гореть сигнальная лампа *РЕЗЕРВНЫЙ ПО-4500 РАБОТАЕТ*.

**Аппарат переключения преобразователя АПП-1А.** Он (рис. 6.11) предназначен для автоматического отключения основного преобразователя от распределительных шин переменного тока и подключения на эти шины резервного преобразователя при различных аварийных режимах: при обрыве или коротком замыкании в цепи питания преобразователя постоянным током, обрыве одной, двух или трех фаз и любых междофазных или трехфазных коротких замыканиях в преобразователе или линии переменного тока, а также при превышении выходного напряжения однофазных преобразователей сверх 121,5—133 В или трехфазных преобразователей 40,1—43,7 В.

#### Основные технические данные

При работе с преобразователем:

трехфазным:

напряжение на входе, В	$36 \pm 2,18$
частота, Гц	$400 \pm 8$

однофазным:

напряжение на входе, В	$115 \pm 4,5$
частота, Гц	$400 \pm 8$

Напряжение постоянного тока, В	$27 \pm 2,7$
--------------------------------	--------------

Потребляемая мощность тока:

переменного, В · А	7
постоянного, Вт	5

Аппарат в аварийных случаях в цепи переменного тока срабатывает с выдержкой 0,15—0,85 с, а в аварийном случае при превышении выходного напряжения  $U = 1,25 U_{\text{ном}}$  — с выдержкой не более 1,5 с. Выдержка времени срабатывания во время запуска преобразователя при отсутствии напряжения переменного тока и температуре окружающей среды +20 °С составляет не менее 1,4 с.

В состав аппарата переключения входят четыре электрически связанных между собой узла.

1. Исполнительный узел, который включает в себя трехкаскадный усилитель постоянного тока на транзисторах *VT3*, *VT4*, *VT5*. В цепь транзистора *VT5* включена обмотка реле *K1*.

2. Узел защиты от перенапряжений, состоящий из трансформатора *T1*, фильтров *R1*, *C1* и *R7*, *R8*, *C2*, выпрямителя *UZ1*,



реле напряжения на транзисторе *VT1* и времязадающей цепочки *R6, C5*.

3. Узел защиты от обрывов и коротких замыканий. В него входят:

цепочка защиты от симметричных аварий (трансформатор *T1*, выпрямители *UZ2, VD4*, конденсатор *C3*, делитель напряжений *R20, R21*, полупроводниковое реле на транзисторе *VT2*, цепочки выдержки времени, состоящей из конденсатора *C6* и резисторов *R11, R12, R13, R23, R24*);

цепочка защиты от несимметричных аварий (фильтр напряжения обратной последовательности *C10, C11, R18, R19*, разделительный трансформатор *T2*, выпрямитель *UZ3*, фильтрующий конденсатор *C4*, резистор *R9*, включенный в цепь базы транзистора *VT2*, стабилитрон *VD6*, защищающий от больших сигналов при авариях в режиме холостого хода преобразователя).

4. Узел контроля аппарата (трансформаторы *T3, T4* и резистор *R22*).

Аппарат обеспечивает запуск преобразователей по плюсу и минусу бортсети. При запуске однофазных преобразователей напряжение бортсети подается через нормально замкнутые контакты 5—4 реле *K1* на обмотку контактора запуска преобразователя, а при запуске трехфазных минус бортсети — через нормально замкнутые контакты 2—1 реле *K1*. В момент запуска преобразователя его напряжение возрастает не сразу. Когда напряжение и частота преобразователя значительно меньше номинальных, узел симметричных и несимметричных аварий реагирует так же, как и в случае аварий. Для исключения ложных срабатываний аппарата при запуске предусмотрена блокирующая цепочка *R10, C7* в цепи базы транзистора *VT3*. В момент включения преобразователя и подачи на аппарат постоянного напряжения конденсатор *C7* заряжается по цепи эмиттер—база транзисторов *VT3, VT4*, которые открыты во время запуска, при этом транзистор *VT5* закрыт, а реле *K1* не сработает, поэтому ложного переключения нагрузки с основного преобразователя на резервный не произойдет.

При номинальном напряжении на выводах /, 3, 8 фильтр напряжения обратной последовательности (конденсаторы *C10, C11*, резисторы *R18, R19*) с помощью переменного резистора *R19* сбалансирован, и напряжение на его выходе примерно равно нулю (не более 1—2 В). Поэтому транзистор *VT2* открыт за счет напряжения, снимаемого с резистора *R21*.

Конденсатор *C6* через переход эмиттер—коллектор транзистора *VT2* заряжается до напряжения на выпрямителе *UZ2*. С делителя напряжения (резисторы *R11, R12, R13, R23, R24*) напряжение открывающей полярности подается на входные цепи транзисторов *VT3, VT4*. Транзистор *V7/* закрыт, так как потенциометр *R2* настраивают, чтобы напряжение на его нижнем плече было прибли-

тельно на 0,2—0,6 В меньше уровня напряжения стабилизации стабилитронов  $VD4$ ,  $VD5$ .

В случае симметричных аварий полностью пропадает переменное напряжение. Транзистор  $VT2$  закрывается. Напряжение на делителе (резисторы  $R11$ ,  $R12$ ,  $R13$ ,  $R23$ ,  $R24$ ) уменьшается за счет разряда конденсатора  $C6$ . Через 0,15—0,85 с транзисторы  $VT3$ ,  $VT4$  закрываются напряжением на стабилитронах  $VD10$ ,  $VD11$ . Открывается транзистор  $VT5$  за счет увеличения отрицательно-го потенциала базы, и напряжение бортсети подается на обмотку реле  $K1$ . Реле срабатывает, размыкает цепь запуска основного преобразователя контактами 5—4 (при работе с однофазными преобразователями) или контактами 2—1 (при работе с трехфазными преобразователями). Одновременно реле самоблокируется и выдает команду на запуск резервного преобразователя.

При несимметричных авариях на выходе фильтра обратной последовательности появляется напряжение, пропорциональное напряжению обратной последовательности, на резисторе  $R9$ . Разность напряжений  $U_{R9} - U_{R21}$  прикладывается к переходу эмиттер—база транзистора  $VT2$  в закрывающем направлении, т. е. положительным потенциалом к базе. Транзистор  $VT2$  закрывается. Далее аппарат работает аналогично работе при симметричной аварии.

При перенапряжении повышается напряжение на выпрямителе  $VZ1$  и на потенциометре  $R2$ . Когда напряжение на нижнем плече потенциометра  $R2$  будет выше напряжения стабилизации стабилитронов  $VD4$ ,  $VD5$ , транзистор  $VT1$  откроется и по цепи эмиттер—коллектор потечет ток, пропорциональный напряжению на резисторе  $R2$ . Конденсатор  $C5$  начнет заряжаться. По мере заряда  $C5$  разность между напряжением на конденсаторе и входным напряжением транзисторов  $VT3$ ,  $VT4$  станет такого значения и направления, что потенциал на базах транзисторов окажется положительным относительно эмиттеров. Транзисторы  $VT3$ ,  $VT4$  закроются, транзистор  $VT5$  откроется, и аппарат работает аналогично описанной ранее схеме. Чем больше значение перенапряжения, тем быстрее заряжается конденсатор  $C5$  до напряжения, необходимого для закрывания транзисторов  $VT3$ ,  $VT4$ , и тем быстрее срабатывает аппарат.

Контроль работы аппарата АПП-1А осуществляется в комплекте с преобразователем. При работе АПП-1А с трехфазным преобразователем проверяются каналы защиты от перенапряжений, симметричных и несимметричных аварий, а при работе с однофазным преобразователем — от перенапряжений и симметричных аварий.

При контроле канала защиты от перенапряжений повышают напряжение на выпрямителе  $V1$  следующим образом: после запуска преобразователя при нажатии на кнопку замыкаются выводы 2 и 4 штыревого разъема, при этом на обмотку II трансформатора  $T3$  поступает напряжение с части первичной обмотки трансформатора  $T7$ . Обмотка I трансформатора  $T3$  включена в цепь канала защиты от перенапряжения согласно с обмоткой трансформатора  $T1$ . Напряжение этих обмоток суммируется в результате повышения напряжения на выходе вы-

прямителя *UZ1*. Если канал защиты от перенапряжений исправен, аппарат АПП-1 должен сработать.

При контроле канала защиты от симметричных аварий напряжение на выпрямителе *UZ2* понижают так: после запуска преобразователя при нажатии на кнопку выводы 5 и 4 штыревого разъема замыкаются, при этом на обмотку II трансформатора *T4* подается напряжение с части первичной обмотки трансформатора *T1*. Обмотка I трансформатора *T4* включена в цепь канала защиты от симметричных аварий встречно с обмоткой трансформатора *T1*. Напряжения обмоток вычитываются, в результате напряжение на выпрямителе *UZ2* понижается, и если канал защиты от симметричных аварий исправен, аппарат АПП-1А должен сработать.

При контроле канала защиты от несимметричных аварий напряжение на выпрямителе *UZ3* (следовательно, и на резисторе *R9*) увеличивают следующим образом: после запуска преобразователя при нажатии на кнопку замыкаются выводы 6 и 4 штыревого разъема. Резистор *R18* закорачивают. Напряжение на резисторе *R9* повышается, поскольку напряжение на конденсаторе *C10* значительно больше, чем сумма напряжений на *C10* и *R18*, и если канал защиты от несимметричных аварий исправен, аппарат АПП-1А должен сработать.

## Вопросы для самоконтроля

1. Преобразователь ПО-500А. Как изменится напряжение преобразователя при увеличении сопротивления резистора РС-4А?

2. Преобразователь ПО-500А. Как и почему изменится напряжение преобразователя при уменьшении сопротивления резистора *R4*?

3. Преобразователь ПО-1500 4-й серии. Как и почему изменится напряжение преобразователя в случае увеличения сопротивления резистора *R9*? Как и почему изменится напряжение преобразователя в случае уменьшения сопротивления резистора *R9*? Как и почему изменится напряжение преобразователя при увеличении сопротивления резистора *R4*? Как и почему изменится напряжение преобразователя в случае уменьшения сопротивления резистора *R4*? Как и почему изменится напряжение преобразователя и в случае уменьшения сопротивления резистора *R5*? Как и почему изменится частота переменного тока в случае увеличения сопротивления резистора *R7*? Как и почему изменится частота переменного тока преобразователя в случае уменьшения сопротивления резистора *R7*? Как и почему изменится частота переменного тока преобразователя в случае увеличения индуктивности дросселя Др-3? Как и почему изменится частота переменного тока преобразователя в случае уменьшения индуктивности дросселя Др-3?

4. Преобразователь ПО-4500 7-й серии. Как и почему изменится напряжение преобразователя при увеличении сопротивления резистора *R5*? Как и почему изменится напряжение преобразователя при уменьшении сопротивления резистора *R6*? Как и почему изменится частота переменного тока преобразователя при увеличении сопротивления резистора *R3*? Как и почему изменится частота преобразователя при уменьшении сопротивления резистора *R3*?

5. Преобразователь ПТ-1000ЦС. Как и почему изменится частота переменного тока преобразователя ПТ-1000ЦС в случае увеличения индуктивности дросселя Др-4АТ? Как и почему изменится частота переменного тока преобразователя ПТ-1000ЦС при уменьшении индуктивности дросселя Др-4АТ?

6. Преобразователь ПТ-1500Ц. Как и почему изменится частота преобразователя в случае увеличения сопротивления резистора *R3*? Как и почему изменится напряжение преобразователя в случае увеличения сопротивления резистора *R7*? Как и почему изменится напряжение преобразователя в случае уменьшения сопротивления резистора *R4*?

7. Преобразователь СПО-4. Объясните работу его электросхемы в случае отказа транзистора *VT7*. Объясните работу его электросхемы в случае отказа транзистора *VT1*. Объясните работу его электросхемы в случае отказа транзистора *VT6*.

8. Коробка переключающих реле КПП-1. Объясните работу схемы включения преобразователей в случае отказа реле КА. Объясните работу схемы включения преобразователей в случае отказа реле КБ.

9. Опишите назначение и работу фильтра напряжений обратной последовательности в автомате АПП-1А.

10. Автомат переключения преобразователей АПП-1А. Объясните назначение конденсатора С6 в схеме автомата. Объясните назначение потенциометра R2 в схеме автомата. Объясните последовательность работы схемы автомата переключения при замыкании выводов 8 и 4 штепсельного разъема.

## Глава 7

### САМОЛЕТНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ

#### 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Самолетные системы электроснабжения состоят из первичных (основных) и вторичных (вспомогательных) систем. Первичные энергосистемы получают электроэнергию от первичных источников постоянного или переменного тока, вторичные — в результате преобразования первичной энергии (по роду тока и напряжению) с помощью электромашинных или статических преобразователей.

*Классификация сетей по назначению.* В зависимости от назначения отдельных участков сеть подразделяют на распределительную и питательную. Часть сети, по которой электроэнергия передается от ее источников к центральным распределительным устройствам и от них к распределительным устройствам, называют распределительной (магистральной), а по которой поступает питание от РУ непосредственно к потребителям, — питательной.

*Классификация сетей по электрическим параметрам,* т. е. классификация по роду тока и значению напряжения бортовой сети. Сети постоянного тока напряжением 27 В и трехфазного переменного тока напряжением 208/120 В стабильной частотой 400 Гц получили преимущественное распространение в первичных энергосистемах. Во вторичных энергосистемах применяют в основном сети трехфазного, однофазного переменного тока напряжением 36 к 115 В, а также постоянного тока низкого напряжения 27 В.

*Классификация сетей по способу и числу проводов передачи электроэнергии.* Основными являются схемы переменного трехфазного тока и постоянного тока с использованием корпуса самолета в качестве нулевого или минусового провода. Возможны и такие схемы передачи электроэнергии, как одно-, двухпроводные, смешанные для постоянного и переменного однофазного тока, двух-, трех- и четырехпроводные для переменного трехфазного тока. При однопроводной передаче к каждому источнику и потребителю подводится лишь плюсовой провод. Она позволяет уменьшить массу проводов примерно на 40% (недостаток — большая вероятность коротких замыканий).

В двухпроводной передаче к каждому потребителю подводят прямой и обратный провода. Такая передача применяется редко из-за увеличения массы проводов. В некоторых случаях применяют смешанные передачи, когда сеть в основном выполнена однопроводной, и только на отдельных участках ее, где невозможно обеспечить надежный контакт минусового провода с корпусом, прокладывают два провода. Трехпроводная передача с заземленной силовой нейтралью находит основное применение в энергосистемах трехфазного переменного тока. Четырехпроводную схему передачи с нулевым проводом используют редко, так как экономичнее в качестве нулевого провода использовать корпус.

*Классификация сетей по системе распределения электрической энергии.* Применяют следующие схемы распределения электрической энергии: централизованную, смешанную, децентрализованную, раздельную (автономную). Первые три системы предусматривают параллельное включение источников энергии.

Централизованная система характеризуется тем, что в ней вся энергия от источников питания подается к одному ЦРУ, а затем от его шин распределяется между отдельными потребителями.

Смешанная система распределения позволяет сократить массу сети предыдущей системы. Для этого всю энергию от источников питания подают к ЦРУ, расположенному поблизости от силовых потребителей, получающих энергию непосредственно от него. Остальную энергию от шин ЦРУ распределяют по групповым РУ, распределительным коробкам (РК), электрощиткам (ЭЩ) и панелям управления, обеспечивающим питание и управление отдельных потребителей.

Децентрализованная система распределения характеризуется тем, что энергию от источников электроэнергии подводят не к одному ЦРУ, а к шинам нескольких ЦРУ, расположенным рядом с генераторами. От каждого ЦРУ энергия поступает к ближайшим потребителям непосредственно или через РУ, расположенным в кабинах экипажа, или в местах группового расположения потребителей. Децентрализованную систему используют широко.

В раздельной системе распределения каждый источник энергии подключают на отдельную сеть, к которой присоединяют группу потребителей. Ее применяют, когда невозможна параллельная работа источников энергии.

Максимальной надежности и живучести системы электроснабжения достигают кольцеванием питания ЦРУ наиболее ответственных РУ и потребителей и многоканальной передачей электроэнергии, т. е. такой, при которой на наиболее важных участках передачу выполняют не по одному проводу, а по двум и более параллельным проводам.

*Требования, предъявляемые к электросетям.* Помимо общих технических требований к авиационному электрооборудованию, к электросетям предъявляют ряд дополнительных:

обеспечение надежного снабжения электроэнергией потребителей;

обеспечение защиты радиооборудования и магнитных приборов от помех, возникающих при работе агрегатов электрооборудования или вызванных электростатическими зарядами;

обеспечение высокого качества электроэнергии, получаемой потребителями; сеть должна быть рассчитана так, чтобы отклонение напряжения (В) на выводах потребителей не превышало значений:

Переменного тока:	
трехфазного . . . . .	200/115±10 (208—120±4,16)*
» . . . . .	200±10 (208±4,16)
» . . . . .	36±1,8 (36±1,08)
однофазного . . . . .	115±5,75 (115±3,45)
Постоянного тока . . . . .	27+2,7 (28,5±9,85)

## 7.2. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Электропровода. Для ВС они отличаются повышенными электрическими и механическими свойствами и стойкостью к действию топлива и масла. Провода подразделяют на низко- и высоковольтные. К низковольтным относятся медные луженые многожильные бортовые провода БПВЛ с  $S_{сеч} = 0,35 \div 95 \text{ мм}^2$  с виниловой изоляцией в лакированной оплетке из хлопчатобумажной пряжи (БП — хлопчатобумажная пряжа, В — винипласт, Л — лаковое покрытие) и типа ПБТЛ (Т — термостойкий, оплетка провода пропитана специальным антисептическим составом, позволяющим использовать провод в тропических условиях). Широко применяют провода типа ПТЛ с  $S_{сеч} = 0,35 \div 70 \text{ мм}^2$  с термостойкой изоляцией из фторопласта и в оплетке из стекловолокна, пропитанного кремнийорганическим лаком, допускающим нагрев до 200—250 °С ( $S_{сеч}$  — площадь сечения).

Помимо термостойкости, немаловажным свойством для авиационных проводов является механическая прочность и эластичность изоляции. Таким проводом является провод типа БИН (бортовой, износоустойчивый, нагревостойкий), имеющий несколько слоев изоляции и оплеток из фторопласта и стеклоткани со специальной лакировкой поверхности провода и термообработкой.

Кроме медных проводов, находят применение и алюминиевые типов БПВЛА с  $S_{сеч} = 35 \div 95 \text{ мм}^2$  и ПТЛА. Они в 3 раза легче медных, однако большое электрическое сопротивление и потеря механической прочности при нагреве ограничивают широкое их использование. Поэтому их применяют в основном для прокладки распределительных сетей, имеющих большое сечение, где суше-

\* Без скобок цифры относятся к напряжению на выводах потребителя, в скобках - к напряжению источника электроэнергии.

ственный выигрыш в массе оправдывает эксплуатационные недостатки.

К высоковольтным проводам относятся ПВЛ (П — провод, В — высоковольтный, Л — лакированный), ПВСТУ (С — в оплетке из стекловолокнутой пряжи с изоляцией из фторопласта, Т — термостойкий, У — усиленный). Высоковольтные провода выпускаются с  $S_{\text{сеч}} = 1,3 \text{ мм}^2$ . Их применяют для монтажа сетей высокого напряжения, например для высоковольтных сетей системы зажигания и радиотехнических устройств. В цепях, создающих сильные радиопомехи, используют те же типы проводов, но с металлической оплеткой — экранировкой (к марке добавляется буква Э (экранированный)).

Провода монтажные с пленочной изоляцией и повышенной теплостойкостью типа ТМ-250 имеют с  $S_{\text{сеч}} = 0,35 \div 6 \text{ мм}^2$ . У них токопроводящая жила из медных проволок, луженных оловом, изоляция из пленки фторопласта. Провода предназначены для работы при температуре от  $-60$  до  $+250$  °С и рабочем напряжении до 250 В.

Провода МОГ (монтажные, особо гибкие) имеют токонесущую жилу из медной проволоки с  $S_{\text{сеч}} = 0,3$  и  $0,5 \text{ мм}^2$  и изоляцию из шелковой лакоткани в обмотке, закрытой оплеткой из капрона. Провода служат для передачи электрической энергии от неподвижных частей к возвратно-поступательным и поворотным частям блоков аппаратуры при работе в диапазоне температур от  $-60$  до  $+60$  °С. Токопроводящая медная жила обмотана хлопчатобумажной пряжей и четырьмя слоями лент из шелковой лакоткани, поверх которых накладывается обмотка из капрона, подклеенная клеем БФ-2 к оплетке.

Провода монтажные с волокнистой и полихлорвиниловой изоляцией для монтажа в приборах и электроустройствах предназначены для работы при температуре от  $-50$  до  $+70$  °С. Их типы: МШВ (монтажный с пленочной или волокнистой и полихлорвиниловой изоляцией сечением  $0,07—1,5 \text{ мм}^2$ ), МГШВ (монтажный, гибкий с пленочной или волокнистой и полихлорвиниловой изоляцией, экранированный) с  $S_{\text{сеч}} = 0,12 \div 0,15 \text{ мм}^2$ , МГШВЭ сечением  $0,14—0,75 \text{ мм}^2$ .

Совершенствовать монтажные провода стремятся улучшением качества их изоляции. Она должна быть легкой, тонкой, устойчивой к внешним воздействиям, гибкой и вместе с тем упругой, что позволяет ограничить резкие изгибы жилы. Большое значение придается износостойкости и негорючести. Этим требованиям удовлетворяют новые бортовые провода марок БИН, БИФ. Они рассчитаны на диапазон температур  $0—250$  °С, их с  $S_{\text{сеч}} = 0,2 \div 2,5 \text{ мм}^2$ . Для трехфазного тока выпускают трехжильные кабели, у которых три изолированных провода имеют общую изоляцию.

Провод БПДО с  $S_{\text{сеч}} = 0,2 \div 70 \text{ мм}^2$  с двухслойной изоляцией, облегченный, с медной жилой. Провод БПДОЭ с  $S_{\text{сеч}} = 0,2 \div 1,5$ ;

2; 4; 6; 10; 16 мм<sup>2</sup> экранированный. Провод БПДОА с  $S_{\text{сеч}} = 35; 95 \text{ мм}^2$  не с медной жилой, а с алюминиевой. Эти провода рассчитаны на рабочую температуру от  $-60$  до  $+150^\circ\text{C}$ . Провода БПДО легче и качественнее. Они заменяют провода БПВЛ. На самолете Як-42 замена проводов БПВЛ на БПДО дала уменьшение массы почти на 300 кг.

Провода ПТЛ-200 и ПТЛЭ-200 сечениями 10; 16 мм<sup>2</sup> теплоустойкие, с медной луженой жилой, изоляцией из фторопласта, в лакированной защитной оболочке из стекловолокна (Э — экранированный). Они рассчитаны на рабочую температуру от  $-60$  до  $+200^\circ\text{C}$ .

Провод БПГРЛ с  $S_{\text{сеч}} = 0,35 \div 1,0 \text{ мм}^2$  изгибоустойчивый, бортовой авиационный провод с изоляцией из кремнийорганической резины в защитной лакированной оплетке. Рассчитан на рабочую температуру от  $-60$  до  $+105^\circ\text{C}$ .

Провод МТФМ с  $S_{\text{сеч}} = 0,35 \text{ мм}^2$  предназначен для монтажа в топливной среде, с посеребренной жилой, с изоляцией из фторопласта. Рассчитан на рабочую температуру от  $-60$  до  $+200^\circ\text{C}$ .

Провод ФКЭ-А и ФКЭ-Х с  $S_{\text{сеч}} = 0,5; 4 \text{ мм}^2$  термоэлектродный теплостойкий одножильный, с фторопластовой изоляцией, экранированный (А — с алюмелевой жилой, Х — с хромилево-алюмелевой жилой). Рассчитан на рабочую температуру от  $-60$  до  $+250^\circ\text{C}$ .

Провод ПВТФ-2 с  $S_{\text{сеч}} = 0,5; 1,5 \text{ мм}^2$  высоковольтный теплостойкий, с фторопластовой изоляцией. Рассчитан на рабочую температуру от  $-60$  до  $+200^\circ\text{C}$ .

Аппаратура защиты. Система защиты электросети должна автоматически отключать только те ее участки, на которых ток увеличился сверх допустимого значения. Для этого защита должна иметь:

селективность (избирательность), т. е. способность отключить только поврежденный участок так, чтобы остальные работали нормально;

быстродействие — минимальное время между возникновением аварийного режима и срабатыванием защиты. Чем меньше время, тем меньше воздействие недопустимых по значению токов и меньше их разрушительное действие. На короткое замыкание защита должна реагировать немедленно, на перегрузку — с некоторой задержкой времени;

инерционность, под которой подразумевается ее свойство не реагировать на кратковременные допустимые перегрузки (например, при пуске электродвигателей);

высокую чувствительность — способность реагировать на аварийные режимы в начале их возникновения и в то же время не реагировать на случайные отклонения параметров сети;

надежность, которая определяется надежностью самого аппарата и сети.

**Токовая защита.** Различают два вида токовой защиты сети: максимально токовую и дифференциально токовую.

Максимально токовая защита реагирует на абсолютное значение тока. Она отключает цепь при прохождении по ней тока, превышающего максимально допустимое значение. Осуществляется такая защита тепловыми аппаратами: предохранителями — стеклянный плавкий предохранитель (СП), тугоплавкий предохранитель (ТП), инерционно-плавкий предохранитель (ИП) и биметаллическими автоматами защиты (АЗР, АЗС и АЗФ). Их свойства отражает ампер-секундная характеристика аппарата — зависимость времени срабатывания аппарата защиты от значения тока перегрузки. Критическим током  $I_{\text{крит}}$  аппарата защиты называют наименьший ток, при котором срабатывает аппарат защиты. Номинальный ток аппарата защиты  $I_{\text{ном}} = (0,8 \div 0,5) I_{\text{крит}}$  указывают в его паспорте. Такая зависимость токов взята для предотвращения ложного срабатывания защиты при изменении условий окружающей среды или разбросе параметров аппаратов.

Тепловой характеристикой потребителя называют зависимость времени нагрева потребителя до предельно допустимой температуры от тока, протекающего по нему. В идеальном случае ампер-секундная характеристика аппарата защиты должна совпадать с тепловой характеристикой потребителя или проходить несколько ниже ее. Предохранители СП выпускают в закрытом исполнении. Они рассчитаны на номинальные токи 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 40 А. На токи до 3 А плавкий элемент изготавливают из калиброванной медной проволоки, на токи 5—10 А — из серебряной проволоки, на токи 15—40 А — из цинковых пластин. Для таких предохранителей  $I_{\text{крит}} = (1,21 \div 1,37) I_{\text{ном}}$ .

Предохранители ТП изготавливают на номинальные токи 200, 300, 400, 600 и 900 А. Выпускают их в закрытом исполнении. Чувствительный элемент изготавливают в виде штампованной медной полосы с ослабленным сечением и асбоцементным покрытием. Газы, выделяющиеся из асбоцемента, способствуют улучшению гашения дуги, возникающей при срабатывании предохранителя. Предохранители ТП малоинерционны. Для таких предохранителей  $I_{\text{крит}} = (1,4 \div 1,7) I_{\text{ном}}$ .

Предохранители ИП рассчитаны на номинальные токи 5, 10, 15, 20, 30, 35, 50, 75, 100, 150 и 240 А. Выпускают их в закрытом исполнении. В таких предохранителях плавкий элемент состоит из двух частей: латунной полосы и припоя. При больших перегрузках и токах короткого замыкания перегорает латунная полоска. При небольших, но длительных перегрузках температура нагревательного элемента повышается и тепло передается медной пластинке, выполняющей роль инерционного элемента. По достижении определенной температуры припой, удерживающий скобу, размягчается, скоба оттягивается пружиной и цепь разрывается. Предохранители ИП, имея значительную выдержку (при  $2 I_{\text{ном}}$  в течение

1,3—2,3 мин, при 7 /ном от 2 до 10 с), защищают цепи потребителей с большим пусковым током — главным образом электродвигателей, у которых  $I_{\text{пуск}} = (3 \div 8) I_{\text{ном}}$ . Предохранители этой серии рассчитывают по номинальному току потребителей без учета пусковых токов: **обычно-считают**, что  $I_{\text{пуск}} = (1,25 \div 1,75) I_{\text{ном}}$ .

Малогабаритные предохранители выпускают с визуальным наблюдением его исправности. При срабатывании такого предохранителя из его корпуса под действием пружины выскакивает кнопка.

Малогабаритные малоинерционные предохранители: ПМ-0,5; -1; -2; -7,5; -10; -15; -20; -25; -30; -40; -50; -75; -100; -125; -150. Ток перегорания предохранителя типа ПМ составляет 1,21—1,37 от номинального.

Малогабаритные инерционно-плавкие предохранители: ПИ-2, -5, -10, -20, -30, -40, -50, -75, -100, -150, -200, -250, -400. Предохранитель ПИ-400 применяется только в цепях постоянного тока.

Плавкие предохранители из-за недостатков (одноразовость действия, трудность обнаружения неисправности предохранителя и замены его в полете, непостоянство характеристик и невозможность их проверки) нередко заменяются на биметаллические автоматы защиты. Биметаллические автоматы защиты (АЗР, АЗС и АЗФ) объединяют в одной конструкции выключатель и защитное устройство, заменяющее предохранитель. Они имеют хорошую чувствительность и обладают быстроедействием при отключении токов короткого замыкания. Их рукоятка позволяет не только управлять автоматом защиты, но и дает индикацию его состояния. Чувствительным элементом автоматов защиты является биметаллическая пластина, по которой проходит ток защищаемой цепи. Если ток больше допустимого, пластина прогибается, нажимает на узел расцепления и отключает цепь. Автоматы имеют отключение автоматическое и ручное, но включение только ручное. При автоматическом срабатывании повторное включение автомата возможно после охлаждения биметаллической пластины. Для того чтобы продолжить работу жизненно важных потребителей, повторного включением некоторых автоматов достигают принудительным удерживанием ручки во включенном положении. Автоматы АЗР, имеющие специальный механизм расцепления управления контактами, этого делать не позволяют.

*Автомат защиты сети АЗС* включается с помощью поворота рычажной рукоятки 5 (рис. 7.1). При этом пружина 6, помещенная внутри рукоятки, сжимается, а каретка 2 нижним концом рычажной рукоятки 3 перемещается, преодолевая возвратную пружину 9. Как только поршень 4 рукоятки перейдет на вторую половину двуплечего рычага с подвижным контактом 7, под действием разжимающейся пружины 6 он замкнет контакты 7 и 8. Одновременно защелка / каретки попадает на зуб //, приваренный к биметаллической пластине 10, обеспечивая удержание контактов

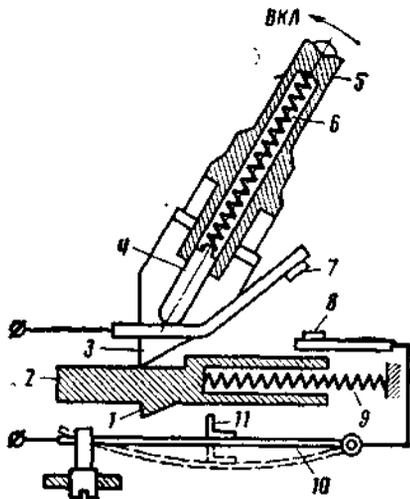


Рис. 7.1. Автомат защиты сети АЗС

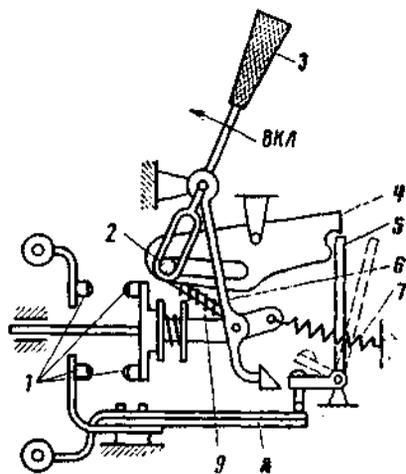


Рис. 7.2. Автомат защиты сети АЗР

в замкнутом положении. АЗС работает не только как автомат защиты, но и как обычный выключатель. Если рабочий ток превысит допустимое значение, то нагретая биметаллическая пластина прогнется вниз, освобождая защелку. Под действием возвратной пружины 9 каретка переместится влево и переведет рычажную рукоятку 5 в крайнее правое положение. Контакты 7 и 8 разомкнутся. Нажатие на рычажную рукоятку АЗС позволяет удерживать защищаемую цепь во включенном состоянии независимо от перегрева биметаллической пластины. Такой режим иногда используется для обеспечения включенного состояния некоторых ответственных потребителей (органов управления самолетом). Однако АЗС можно устанавливать только в цепях, безопасных в пожарном отношении.

*Автомат защиты сети АЗР* (рис. 7.2) включается также с помощью рычажной рукоятки 3. При ее повороте подвижная ось 2, перемещаясь в прорези рычага 4, переводит ось вспомогательной пружины 9 в крайнее правое положение. При этом пружина 9 сначала сжимается, а затем выпрямляется и перебрасывает конец рычага 6 в крайнее левое положение, замыкая контакты 1 и растягивая возвратную пружину 7.

Автомат АЗР, так же как и АЗС, выполняет одновременно функции обычного выключателя. Но в отличие от АЗС, у которого возвратная пружина остается до срабатывания защиты в сжатом состоянии, в АЗР возвратная пружина взводится при каждом включении.

При протекании через биметаллическую пластину 8 тока, превышающего номинальный, свободный конец ее прогнется вверх

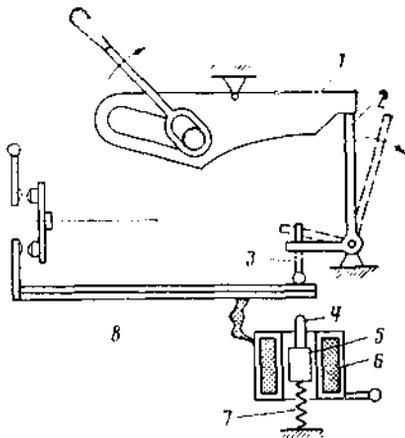


Рис. 7.3. Автомат защиты сети АЗРГ

и повернет рычаг 5 механизма свободного расцепления, освобождая опору рычага 4. Опора 4, выйдя из зацепления, под действием пружин 9 и 7 повернется на оси по часовой стрелке. Одновременно конец рычага 6 отойдет вправо, размыкая контакты. Удержать же контакты в замкнутом состоянии или вновь замкнуть их нажатием на рукоятку не удастся, пока биметаллическая пластина не придет в исходное положение, т. е. пока не будет ликвидирована причина перегрузки или короткого замыкания. Это связано с тем, что рычаг 5 механизма свободного расцепления под действием биметаллической пластины переместится и расцепится с опорой 4, что не позволит рычажной рукоятке замкнуть контакты 1. При перемещении рычажной рукоятки опора 4 поворачивается вокруг своей оси, при этом пружина 9 не будет деформироваться и нажимать на рычаг 6, замыкающий контакты.

Таким образом, АЗР не позволяет принудительно коммутировать цепь в аварийной ситуации, что дает возможность использовать его в пожароопасных цепях (например, в цепи подкачивающего электронасоса, расположенного в топливном баке).

*Автомат защиты сети АЗРГ*, выполненный на токи 20—50 А, снабжен электромагнитным расцепителем (электромагнитной токовой отсечкой), который позволяет при увеличении тока нагрузки  $I_n \geq (7 \div 15) I_{ном}$  разрывать цепь практически мгновенно. Применение таких автоматов позволяет защитить электрические цепи от перегрузок и коротких замыканий, а также биметаллическую пластину автомата от протекания по ней больших токов короткого замыкания (рис. 7.3).

При длительном протекании тока перегрузки биметаллическая пластина 8, как и в АЗР, деформируется и нажимает на упор 3, связанный с защелкой 2. Защелка освобождает опорный рычаг запирающего механизма автомата. При коротком замыкании создаваемая электромагнитом 6 магнитодвижущая сила становится больше силы пружины 7 и якорь 5 электромагнита, воздействуя через толкатель 4 на биметаллическую пластину, освобождает опорный рычаг запирающего механизма АЗРГ. Автомат мгновенно разрывает цепь нагрузки. Одновременно рукоятка взвода переходит в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**, что позволяет визуально определить срабатывание автомата. В автоматах типа АЗРГ используются термокомпенсаторы, позволяющие уменьшить влияние проги-

ба биметаллической пластины из-за изменения окружающей температуры.

В качестве аппаратов защиты сети на токи более 500 А применяются автоматы, имеющие устройства, обеспечивающие электромагнитную отсечку по току. Эти автоматы отключают цепь проводов сети при коротких замыканиях, но не могут обеспечить их защиту при перегрузках, так как они не имеют биметаллического элемента. Отсутствие биметаллического элемента делает их конструкцию более простой и, следовательно, более дешевой по сравнению с биметаллическими автоматами.

Автоматы АЗР рассчитаны на токи 6, 10, 15, 25, 30, 40, 50, 100, 200, 250 А, автоматы защиты сети АЗС — на токи 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200 и 250 А.

Широко применяют и биметаллические автоматы защиты в герметичном исполнении — АЗСГ, АЗРГ, АЗСГК и АЗРГК (К — для установки в кабине с красным освещением). Они работают в цепи постоянного тока с напряжением до 30 В. Их номинальный ток 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 А.

Автоматы защиты сети однофазного переменного тока типов АЗФ1 и АЗФ1К рассчитаны на токи 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40 и 50 А. Они предназначены для защиты электросети от токов опасных перегрузок и коротких замыканий. Эти автоматы работают в цепи переменного тока с напряжением не более 220 В частотой 360—1100 Гц. Выполнены они без свободного расцепления, т. е. автомат не срабатывает от токовых перегрузок при удер- жании рукоятки в положении ВКЛЮЧЕНО.

Автоматы АЗЗ устанавливают в сетях трехфазного переменного тока напряжением 208 В частотой 400 Гц. Они рассчитаны на токи 2; 3; 4; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 125 и 150 А. При коротком замыкании в одной фазе автомат, срабатывая, отключает все три фазы.

Биметаллические автоматы защиты всех типов имеют значительно большую тепловую инерцию, чем плавкие предохранители (исключая ИП), и большую чувствительность, реагируя на незначительную, но длительную перегрузку. Поэтому их применяют для защиты потребителей с большими пусковыми токами. Их достоинства: они являются аппаратами многократного действия и одновременно выполняют функции защитного аппарата и выключателя. Недостатки: некоторая сложность их конструкции и зависимость ампер-секундных характеристик от параметров окружающей среды.

**Аппаратура управления.** Она бывает прямого и дистанционного действия. Аппаратуру прямого действия (ею управляют вручную) применяют при длительном и кратковременном воздействии на цепи с силой тока, не превышающей 15 А. По конструктивному исполнению выключатели и переключатели бывают одно-, двух- и трехполюсные и однополюсные **четырёхпозиционные**. По принципу работы переключатели и выключатели делят на перекидные,

имеющие только фиксированное положение контактов и ручек (для возврата их в исходное положение прикладывают усилие в обратном направлении), и нажимные, имеющие нажимные (с возвратом) положения контактов и ручек, которые **возвращаются** в исходные положения самостоятельно.

Однополюсные **четырёхпозиционные** переключатели коммутируют одновременно только одну электрическую цепь, но в зависимости от положения ручки выполняют роль нажимных или перекидных переключателей или полностью разрывают цепь при среднем положении ручки. Для повышения надежности работы выключатели и переключатели выполняют герметичными. Для кратковременной коммутации электроцепей с током до 5 А используют нажимные кнопки 5К, 204К, 205К и однополюсные нормально разомкнутые кнопки КНР и нормально замкнутые КНЗ, а также двухполюсные 2КНР и 2КНЗ.

*Выключатели и переключатели* бывают (цифра после дефиса, за исключением 2ПП-250, — допустимое значение тока):

однополюсными — ВГ-15 (выключатель герметичный), ВНГ-15 (нажимный), ППГ-15 (переключатель перекидной), ПНГ-15 (переключатель нажимный), ПНН (нажимный с нормально замкнутым вторым контактом), П2НПГ-15К (переключатель двухнажимного действия перекидной однополюсный с нейтральным положением ручки), ПЗПН-20 (с тремя перекидными положениями с нейтралью);

двухполюсными — 2ВГ-15 (выключатель герметичный), 2ПН-20 (переключатель нажимный), 2ПНГ-15 (нажимный, герметичный), 2ППНГ-15 (перекидной с нейтралью), 2ПП-250 (рассчитан на рабочее напряжение 250 В при токе 2 А или на 120 В при токе 3 А);

трехполюсными — 3ПНГ-15 (нажимный), 3ППН-15 (перекидной с нейтралью).

Герметичные выключатели и переключатели переменного тока на 220 В выпускаются в виде **одно-**, двух- и трехполюсных (В-200, 2В-200, 3В-200).

Концевые выключатели служат для автоматического включения, выключения и переключения цепей. Их устанавливают в качестве концевых ограничителей положения механизмов. Кроме того, концевые выключатели замыкают цепи сигнализации и блокировки положения органов управления или механизмов. Они расположены непосредственно на самолете и в различных агрегатах дистанционного управления. Существуют два основных вида концевых выключателей: с большим ходом штока (серия МВШ) и с малым ходом штока (А-801, -801А, -812Г, -812В, Д-701, -713, В-612). Часто используют микровыключатели серий Д, А и дистанционные переключатели серии ДП. Микровыключатели серии Д имеют двойной разрыв цепи, предназначены для установки в цепях постоянного и переменного тока. В зависимости от назначения и элект-

ческих параметров они имеют различные конструктивные варианты. Провода к микровыключателям припаивают. В качестве **одноцелевых** переключателей используют микровыключатели АМ800 и АМ800К. Их устанавливают в цепях постоянного тока в системах управления и сигнализации.

*Аппаратура дистанционного действия* — это электромагнитные устройства, с якорями которых связаны контакты. Управляет этими устройствами аппаратура прямого действия. В зависимости от значения тока коммутируемой нагрузки различают контакторы [ $I_{ном} = (25 \div 600)$  А] и коммутационные реле [ $I_{ном} = (5 \div 10)$  А]. Применение аппаратуры дистанционного управления вызвано необходимостью управления значительными электрическими мощностями и автоматизации ряда процессов.

По принципу действия электрические реле подразделяют на электромагнитные, электронные и транзисторные. В электрооборудовании широко применяют электромагнитные реле и контакторы из-за их малых массы, габаритных размеров и надежности действия.

Под электромагнитными реле понимают устройства поворотного типа, предназначенные для дистанционного включения и отключения сравнительно небольших токов в цепях управления до 10 А. К контакторам принято относить такие электромагнитные устройства втяжного типа, которые служат для дистанционного включения и отключения больших токов в силовых цепях электромеханизмов. В зависимости от схемы выполнения контактов бывают реле и контакторы включения, отключения и переключения.

Малогобаритные контакторы длительного режима работы КМ-100Д, -200Д, -400Д, -600Д — контакторы втяжного типа. Электромагниты таких контакторов имеют две обмотки: включающую и удерживающую. В момент включения удерживающая обмотка шунтируется вспомогательными контактами, и при подаче напряжения на клеммы обмотки контактора ток проходит только по включающей обмотке. Вследствие малого сопротивления она создает большой магнитный поток, и под действием электромагнитного усилия, создаваемого включающей обмоткой, сердечник, притягиваясь, замыкает контакты. Одновременно размыкаются вспомогательные контакты и вводится в действие удерживающая обмотка. Общее сопротивление обмотки увеличивается, что создает возможность длительного нахождения обмотки генератора под напряжением.

Малогобаритные контакторы кратковременного режима работы КМ-50, -100, -200, -400, -600 отличаются от контакторов длительного режима работы тем, что электромагнит контактора кратковременного режима имеет одну обмотку, рассчитанную на кратковременный режим работы, и у него отсутствуют шунтирующие контакты.

Контакты КМ-25Д, -50Д по устройству и принципу действия аналогичны малогабаритным контакторам кратковременного режима работы.

Контакты переключения КП-50Д, -100Д, -200Д, -400Д служат для дистанционного переключения потребителей с одной электро-системы постоянного тока на другую. В отличие от малогабаритных контакторов длительного режима работы они имеют четыре пары силовых контактов: две пары нормально разомкнутых и две пары нормально замкнутых.

Контакты КВШ-50, -100, -400, -600 и контакты КВЗ-200, -600 предназначены для дистанционного управления различными электроприводными механизмами. По устройству и принципу действия они аналогичны контакторам КМ кратковременного режима работы, однако у них иные обмоточные и технические данные. Они рассчитаны на малое напряжение срабатывания, так как включаются последовательно с параллельными обмотками возбуждения электродвигателей.

Малогабаритные электромагнитные реле и контакты типов ПКЕ, ПКД, ТКЕ, ТКД, ТКС, ТКТ, СПЕ\* служат для дистанционного управления потребителями электроэнергии в системах постоянного и переменного токов.

**Монтажно-установочная аппаратура.** К ней относятся центральные распределительные устройства, электрощитки, распределительные коробки, сетевые разъемы, металлические трубы и желоба для прокладки проводов.

*Центральные распределительные устройства и электрощитки* служат для монтажа на них коммутационной, защитной и контрольно-измерительной аппаратуры, сборных шин, проводов, сетевых разъемов. Распределительные коробки служат для монтажа в них силовой коммутационной аппаратуры (контакторов и реле), защитной аппаратуры, шин, проводов, сетевых разъемов.

*Сетевые разъемы* служат для соединения отдельных участков электрической сети, приборов и агрегатов. По конструктивному выполнению сетевые разъемы подразделяются на силовые вводы, болтовые соединения, зажимные (клеммные) колодки и блоки переходных контактов, индивидуальные и штепсельные разъемы.

*Силовые вводы* применяются для прохода через герметизированные переборки проводами сечением 30 мм<sup>2</sup> и более. Ввод представляет тело из изолирующего материала, через которое проходит металлический токоведущий стержень. Место прохода стержня герметизируется. К обоим концам стержня с помощью наконечников и гаек крепятся провода.

*Болтовые соединения* применяются для стыковки наконечника провода мощного потребителя (ток до 800 А) с наконечником провода сети. Стыковка осуществляется с помощью болта и гайки.

---

\* Расшифровка обозначений дана в приложении.

Место стыковки надежно изолируется посредством виниловых трубок и лент, и во избежание перетирания изоляции от вибраций они закрепляются.

*Зажимные (клеммные) колодки и блоки переходных контактов* применяются для соединения и переключения проводов и разветвления цепей. Концы проводов разделяются под наконечники и в колодках или блоках закрепляются под гайку или болт.

*Штепсельные разъемы ШР и РМ* (малогабаритные) применяются для удобства монтажа и демонтажа электрической сети в местах конструктивных и технологических разъемов, у съемного оборудования и на всевозможных групповых распределительных устройствах.

Для удобства монтажа и демонтажа электросети в местах конструктивных и технологических разъемов у съемного оборудования и на групповых РУ применяют чаще всего многоштыревые штепсельные разъемы ШР, СШР, 2РТ, Р и РМ\* обычного и герметичного исполнений. Все они (кроме РМ) используются в системах постоянного и переменного токов с напряжением до 1000 В и частотой до 3000 Гц при силе тока в контакторной паре до 200 А.

Штепсельные разъемы СШР отличаются от ШР контактами диаметром 2,5 мм с толщиной серебрения 25 мкм, креплением изоляторов в негерметичных колодках и вставках, круглой гайкой, наличием герметичных колодок с гнездами. Штепсельные разъемы 2РТ по своим техническим данным соответствуют разъемам ШР, но они могут работать при температурах до  $+200^{\circ}\text{C}$ . Разъемы этой серии не имеют герметичных колодок. Штепсельные разъемы серии Р отличаются от серии ШР повышенными значениями электрических параметров и конструкцией изоляторов и контактов. Изоляторы для повышения электрической прочности имеют конструкцию в виде «лабиринта». Контактные гнезда штампованные, а штыри для негерметичного варианта изготавливаются из трубки, обработанной под давлением.

Монтажные провода объединяют в жгуты с максимальным диаметром не более 55—70 мм. Жгуты обматывают изоляционной тканью, хлорвиниловой или фторопластовой лентой или помещают в трубы из изоляционного материала и крепят к конструкции самолета специальными зажимами, хомутами и скобами. Жгуты, прокладываемые в металлических трубах, дополнительно обшивают защитным материалом. Жгуты, состоящие из проводов, изоляция которых по своей теплостойкости не соответствует температуре окружающей среды отсека, в котором они прокладываются, защищают теплостойким изоляционным материалом.

Для соединения и разветвления проводов электросети служат разъемные колодки. Их надо применять там, где требуется получить большое число разветвлений тонких проводов и где редки

---

\* Расшифровка обозначений разъемов дана в приложении.

стыковки и расстыковки проводов. Такими местами являются распределительные коробки, щитки, панели, пульта, приборные доски. Разъемная колодка состоит из текстолитового основания с болтами для подсоединения проводов и крышки. Количество болтов в разъемной колодке может быть различным в зависимости от количества разветвленных проводов.

Аппаратура защиты от помех. Для обеспечения нормальной работы радиотехнических устройств на ВС применяется защита от помех, вызываемых электростатическими зарядами из-за пульсаций напряжений на коллекторах генераторов и двигателей или на выходе выпрямительных устройств, а также из-за влияния магнитных полей, создаваемых различными агрегатами электрооборудования и проводами.

Помехи попадают в радиоприемное устройство либо через антенну, либо через цепи питания. Электромагнитные колебания, возникающие при коммутации электрических цепей, подавляются в месте их возникновения с помощью экранирования. Для устранения помех, попадающих в радиоаппаратуру через цепи питания, используются электрические фильтры, которые включаются в цепи коллекторных машин, работающих в длительном режиме (генераторы, преобразователи, электродвигатели насосов и т. д.). Для предотвращения внешних помех, возникающих от проскакивания искр между заряженными статическим электричеством частями ВС, проводят тщательную металлизацию.

Металлизация — это надежное электрическое соединение металлических частей ВС между собой гибкими перемычками с наконечниками. Металлизация служит для выравнивания потенциала различных частей ВС, заряжающихся во время полета, особенно в грозовых облаках. Одновременно металлизация вместе с заземлением ВС служит для отвода в землю электрического заряда от заряженного по отношению к земле ВС при посадке или во время заправки топливом.

Чтобы металлизация давала надлежащий эффект, переходное сопротивление для различных узлов не должно превышать 100—2000 мкОм. Но металлизация не может устранить помехи от разрядных процессов между ВС и атмосферой, поскольку она не устраняет электростатических зарядов.

Единственный путь уменьшения помех в данном случае — это отвод с обшивки ВС электростатических зарядов. На современных ВС отвод электростатических зарядов в полете осуществляется посредством специальных разрядников в виде очень тонкого острия или метелочки из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной парафином. Эти разрядники устанавливаются в местах, наиболее удаленных от радиоаппаратуры (на консолях крыла или хвостовом оперении).

Электросети находятся в тяжелых условиях эксплуатации (тряска, вибрация, плохое охлаждение проводов в жгуте, наличие масла, большие перепады температур). При эксплуатации сетей могут встречаться следующие наиболее характерные неисправности:

- обрывы проводов и короткие замыкания в местах заделки в штепсельные разъемы, у клеммных наконечников, в местах конструктивных и технологических разъемов самолета, у клеммных колодок и минусовых клемм;

- обрыв проводов в месте заделки их в наконечники в результате воздействия вибраций, температурных изменений и неправильной эксплуатации;

- перетирание изоляции, обрыв или короткое замыкание в местах касания проводов подвижных частей самолета;

- внутренний обрыв медных жил в результате многократного перегиба провода или жгута, подходящего к откидывающей части приборной доски, пультам или коробкам;

- завершенность, перетирание и обрыв экранирующих оплеток и металлизации;

- трещины и разрушение клеммных колодок;

- ослабление затяжки накидных гаек штепсельных разъемов, ослабление винтов крепления клеммных наконечников в распределительных коробках, пультах и т. д.;

- обрыв и перетирание нитяных бандажей;

- старение, порывы, разрушение и выпадание резиновых прокладок из крепежных хомутов, резиновых колец из готовых изделий;

- разрушение предохранительных чехлов и проводов на стойках шасси из-за попадания частиц грунта при посадках и рулении;

- повреждение изоляции проводов, расположенных на авиадвигателях, вследствие воздействия высоких температур и вибраций, попадания масла и топлива.

Наиболее характерными отказами аппаратуры управления и защиты являются спекание, подгар и окисление контактов, поломка возвратных пружин. В случае попадания влаги в корпус контактора или реле происходит окисление и коррозия подвижных металлических частей, что может привести к заеданию и отказу в работе.

Прокладка новых участков электросети выполняется только из целых проводов. Сращивание проводов в эксплуатации разрешается в исключительных случаях, причем только горячей пайкой или с помощью индивидуальных разъемов. Пайка в любых случаях производится только специальным припоем с использованием спиртоканифольевой смеси (или канифоли). Пайка с применением кислоты и других мягких сплавов не разрешается, так как приводит к окислению проводов и их разрушению.

В процессе эксплуатации электрических сетей постоянно ухудшается состояние изоляции проводов, критерием оценки которого является сопротивление изоляции, проверяемое при выполнении регламентных работ. Общую проверку состояния изоляции силовых сетей можно производить мегаомметром с напряжением 250—500 В. Сопротивление изоляции силовых сетей, измеряемое на силовых шинах с подсоединенными силовыми проводами, не должно быть ниже 0,5 МОм при нормальной влажности и не ниже 0,2 МОм при любых атмосферных условиях.

Перед проверкой состояния изоляции силовых сетей необходимо выключить все автоматы защиты, снять или отключить от силовых шин предохранители защиты потребителей электроэнергии, выключить все выключатели. При замене силовых проводов необходимо учитывать, что алюминиевые провода марки БПВЛА имеют меньшую гибкость по сравнению с медными проводами, поэтому при монтаже нельзя допускать изгибов проводов с малыми радиусами.

Внутренний радиус изгиба алюминиевого провода сечением 50 мм<sup>2</sup> должен быть не менее 60 мм. Замену алюминиевых проводов в наконечники производить только с применением противокоррозионной пасты с последующей герметизацией заделки уплотнительным бандажом.

Категорически запрещается устанавливать автоматы защиты или предохранители, не соответствующие номинальным данным схемы. Все штепсельные разъемы должны быть надежно соединены, а накидные гайки — до отказа затянуты и законтрены. При разъединении разъемы закрываются заглушками или защищаются изоляционным материалом от попадания на них влаги и пыли.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Какая аппаратура защиты применяется в бортовой сети самолета?
2. Как расшифровать провод марки БПВЛ?
3. Чем отличается автомат защиты АЗС от АЗР?
4. На какие токи рассчитаны предохранители типа ИП?
5. Как расшифровываются реле типа ТКЕ?
6. Как расшифровываются марки штепсельных разъемов?
7. Какое сечение имеют провода марки МОГ?
8. Какое сечение имеют провода марки БИН и БИФ?

# АВИАЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ АВИАЦИОННОГО ГИДРОПРИВОДА

## Глава 8

### АВИАЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

#### 8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На самолетах для управления элементами механизации крыла, стабилизатора, управления шасси применяют различные типы авиационного привода. В зависимости от используемого вида первичной энергии привод может быть: электрический, пневматический, гидравлический, механический, электрогидравлический, электропневматический, пневмогидравлический и т. п.

В авиационном электроприводе в качестве первичной используется электрическая энергия. Основными преимуществами электропривода по сравнению с пневматическим и гидравлическим являются:

удобство дистанционного управления. Это особенно важно для самолетов с герметичными кабинами, так как герметизация выводов тросов и тяг управления, трубопроводов сложнее, чем гермовыводов электропроводки;

возможность широкого применения в системах автоматического управления;

малые габаритные размеры и масса.

#### 8.2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗМЫ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКОВ

Основные технические данные электромеханизмов\* приведены в табл. 8.1—8.3.

**Электромеханизм МПЗ-18А-5.** Он (рис. 8.1) предназначен для приведения в действие закрылков, а также посадочного щитка и состоит из следующих основных элементов: двух электродвигателей постоянного тока Д-600-5 ( $M1, M2$ ), планетарного редуктора с суммирующим дифференциальным устройством, фрикционной муфты  $I$  ограничения момента, ручного привода 2.

*Электродвигатель Д-600-5* реверсивный, четырехполюсный, с двумя обмотками возбуждения. В него встроена электромагнитная муфта сцепления-торможения, питание на которую подается

\* В книге описаны только наиболее широко распространенные в ГА электромеханизмы.

**Таблица 8.1. Основные технические данные электроприводов поступательного действия**

Параметр	МП-100М	МП-100МТ	МП-750ТВ	МП-5И
Напряжение питания, В	27±2,7			
Потребляемый ток, А	2	1,5	7	0,2
Нагрузка на шток, Н:				
номинальная	9800	980	7 350	49
максимальная	1470	1470	12 250	78
Рабочий ход штока, мм	80±1,5	80±1,5	116±1	18
Время хода штока, с	30	50	30	11—15
Масса, кг	2,1	1,7	6,7	0,61
Щетки электродвигателя:				
марка	А-12	А-12	МГС-7Т	МГС-7
количество, шт.	2	2	2	2
размер, мм	4×5×7	4×5×7	4×5×11	3×4×6
Режим работы	Повторно-кратковременный			

с дополнительных щеток, установленных на коллекторе. Эта муфта сужит для сцепления вала электродвигателя с редуктором при включении электромеханизма и для торможения редуктора, а следовательно, и выходного вала при отключении электромеханизма.

*Планетарный редуктор* предназначен для уменьшения частоты вращения и увеличения крутящего момента, передаваемых от электродвигателей на выходной вал электромеханизма, и состоит из двух кинематических передач с суммирующим дифференциаль-

**Таблица 8.2. Основные технические данные электроприводов вращательного действия**

Параметр	МПЗ-18А-5	МУС-7А	МПК-13А-5	МПК-13ВТВ	УТ-15
Напряжение питания, В	27±2,7				
Потребляемый ток, А	110/55	95/50	1,65	0,43	2,5
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	240/120	250/125	3	0,25	3
Момент, Н·м:					
номинальный	59,8	34,3	24,5	24,5	9,8
максимальный	98	53,9	29,4	29,4	14,7
Время работы, с	25/50	5,5/1	11	120	6
Масса, кг	20	18,5	2,5	1,8	3
Щетки электродвигателя:					
марка	МГС-5А	МГС-8	МГС-7Т	Г-21А	МГС-7Т
количество, шт.	8	8	2	2	2
размер, мм	6,3×10×18	6,5×10×17	4×5×18	3,2×4×9	4 5; 10
Режим работы	Повторно-кратковременный				

**Т а б л и ц а 8.3. Основные технические данные электроприводов с двигателями переменного тока**

Параметр	МУС-ЗПТВ	ЭПВ-8П
Напряжение питания, В		200±10
Частота, Гц		400±8
Напряжение питания постоянным током электромагнитной муфты, В		27±2,7
Потребляемый ток, А	13/6,5	7,6/3,8
Момент, Н·м:		
номинальный	73,5	24,5
максимальный	98	39,2
Продолжительность пробуксовки фрикционной муфты, с	3	3
Частота вращения выходного вала, мин <sup>-1</sup>	200/100	480/240
Продолжительность работы из одного крайнего положения в другое, с	27,5/55	15/30
Масса, кг	22,5	19
Режим работы	Повторно-кратковременный	

Примечания. 1. Данные в числителе -- при работе двух двигателей электромеханизма, в знаменателе -- при работе одного. Остальные параметры одинаковы.

2. В электромеханизме МПЗ-18А-5 установлены еще дополнительные щетки Г-21А размерами 2,5Х6,3Х11 мм.

ным устройством и углового редуктора. Суммирующее дифференциальное устройство складывает частоты вращения двух одновременно работающих электродвигателей. В случае выхода из строя или отключения одного из электродвигателей электромагнитная муфта отключает его, при этом другой электродвигатель обеспечивает прежнее значение рабочего момента на выходном валу, а частота вращения уменьшается вдвое.

Встроенная в электромеханизм *дисковая фрикционная муфта 1* предохраняет его и систему управления закрывками от перегрузки. Когда происходит перегрузка выходного вала, фрикционная муфта пробуксовывает, ограничивая момент, развиваемый приводным валом.

*Ручной привод 2* электромеханизма со съемной рукояткой позволяет вращать выходной вал вручную при обесточенных электродвигателях во время регулировки механизма конечных выключателей.

Электромеханизм **МПК-13А-5**. Он служит для управления кранами или заслонками, применяемыми в различных системах, и включает в себя следующие основные элементы: электродвигатель Д-10АРУ, редуктор, муфту ограничения моментов, четыре конечных выключателя, штепсельный разъем.

Электродвигатель Д-10АРУ постоянного тока, последовательного возбуждения, двухполюсный, снабжен электромагнитной

муфтой торможения. Его реверсирование осуществляется изменением направления магнитного потока при раздельном включении одной из обмоток возбуждения. Конструктивно электродвигатель состоит из корпуса, якоря, шита со стороны привода и электромагнитной муфты. Редуктор предназначен для уменьшения частоты вращения и увеличения момента на выходном валу электромеханизма. Он состоит из зубчатой передачи, шести ступеней внешнего зацепления и двух планетарных ступеней. Муфта ограничения момента ограничивает момент на выходном валу механизма и отключает электродвигатель при превышении заданного значения момента. Концевые выключатели предназначены для отключения электромеханизма в крайних положениях выходного вала и включения сигнализации.

**Электромеханизм УТ-15.** Он предназначен для управления триммерами руля высоты и состоит из следующих основных узлов: электродвигателя Д-10Ф, редуктора, электромагнитной муфты сцепления, блока микровыключателей В-611 (3 шт.), штепсельного разъема.

Электродвигатель Д-10Ф двухполюсный, реверсивный, с последовательным возбуждением. У редуктора три ступени цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления и три ступени планетарного зацепления с общим передаточным отношением 2816,96 : 1. Электромагнитная муфта сцепления делит редуктор на две части: первую (три ступени зубчатых колес внешнего зацепления и одна

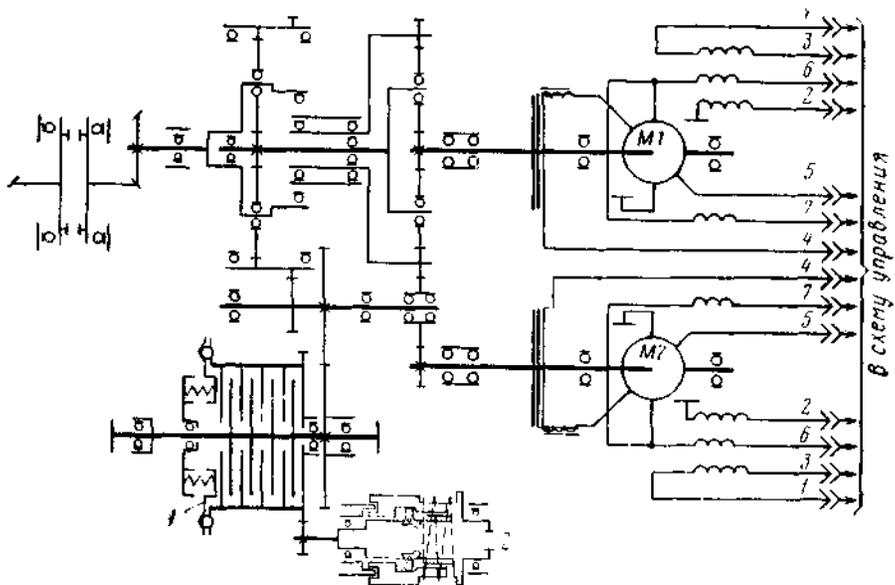


Рис. 8.1. Функциональная электрокинематическая схема механизма МПЗ-18А-5

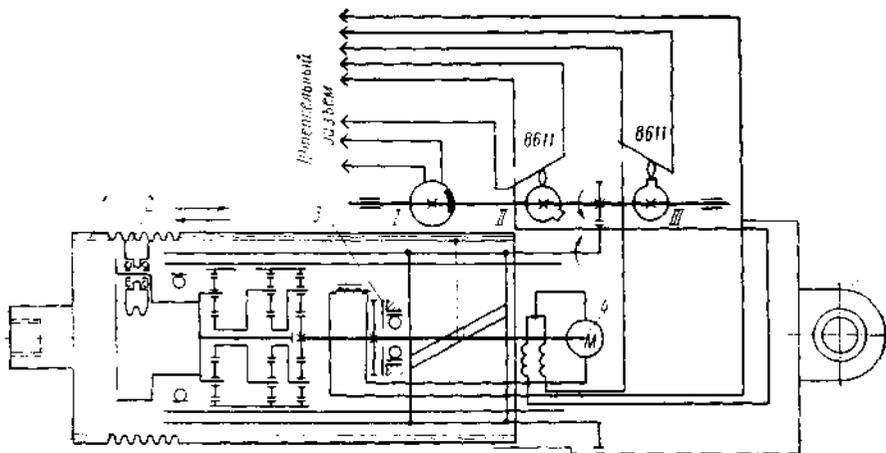


Рис. 8.2. Функциональная электрокинематическая схема механизма МП-100МТ

ступень планетарной передачи с общим передаточным отношением 127,305 : 1) и вторую (две ступени планетарной передачи с общим передаточным отношением 22,049 : 1). Эта муфта служит для разрыва кинематической цепи при ручном управлении триммерами.

Два микровыключателя предназначены для отключения электродвигателя в крайних положениях выходного вала, один — для сигнализации среднего положения.

**Электромеханизмы МП-100М, -100МТ.** Они (рис. 8.2) предназначены для привода самолетных агрегатов и устройств, совершающих поступательное движение с нагрузкой на штоке до 980 Н. По габаритным, установочным размерам, по внешнему виду электромеханизмы аналогичны (их основные элементы: электродвигатель, редуктор планетарного типа, роликовая винтовая пара, концевые выключатели, сигнальный контакт, штепсельный разъем), но различаются скоростью хода штока.

Электродвигатели Д-4ТА, -6ТН (4) электромеханизмов МП-100М, -100МТ представляют собой двухполюсную машину постоянного тока с последовательным возбуждением, тормозной электромагнитной муфтой 3 и реверсированием за счет изменения направления магнитного потока (для этого в электродвигателях имеются две обмотки возбуждения). Частота вращения якоря электродвигателя Д-4ТА составляет  $10\ 500\ \text{мин}^{-1}$ , а электродвигателя Д-6ТН —  $5150\ \text{мин}^{-1}$ .

Редуктор служит для увеличения крутящего момента и уменьшения частоты вращения, передаваемой от электродвигателя на каретку роликовой винтовой пары. Редуктор планетарного типа состоит из трех ступеней. У каждой ступени редуктора три сател-

штыковых зубчатых колеса, посаженных на подшипники скольжения. Сателлитовые зубчатые колеса всех трех ступеней обкатываются по общему неподвижному зубчатому колесу, жестко (шпонкой) закрепленному в корпусе механизма.

Роликовая винтовая пара 2 служит для преобразования вращательного движения выходного вала редуктора в поступательное движение гайки-штока. В корпусе каретки (винта) на осях установлены три стальных ролика через  $120^\circ$  по окружности корпуса со смещением на 1 мм.

Гайка-шток / внутри имеет трапецеидальную нарезку. По нарезке обкатываются ролики каретки. За один оборот каретки шток перемещается на значение (3 мм) шага резьбы. Гайка-шток перемещает дополнительный выступ, который по винтовому пазу поворачивает стакан с зубчатым колесом, входящим в зацепление с колесом, поворачивающим вал с кулачками /, //, III и переключающими концевые выключатели В611. Эти выключатели служат для размыкания цепи питания электродвигателя и для подачи сигналов крайнего выпущенного и крайнего убранный положений штока. На кулачке / имеется токопроводящая контактная перемычка, замыкающая пружинные контакты и включающая сигнальную лампу среднего положения штока. Завод-изготовитель регулирует электромеханизмы серии МП на различный ход штока, на что указывает номерная цифра в шифре электромеханизма. Например, МП-100МТ-20 — ход штока 20 мм, МП-100МТ-36 — ход штока 36 мм.

**Электромеханизм МП-5И.** Предназначен для привода агрегатов и устройств, совершающих поступательное движение, и включает в себя следующие основные узлы: электродвигатель Д-2А, редуктор, два концевых выключателя В-611, ходовой винт и штепсельный разъем.

Электродвигатель Д-2А постоянного тока, реверсивный, с возбуждением от постоянного магнита. Корпус двигателя представляет собой постоянный магнит цилиндрической формы, создающий постоянный магнитный поток, необходимый для вращения якоря. Реверсирование работы электродвигателя достигается изменением направления тока в обмотке якоря.

Вращение якоря электродвигателя передается через четырехступенчатый редуктор на ходовой винт, механически связанный с выходным устройством.

Концевые выключатели, встроенные в электромеханизм, служат для отключения питания двигателя Д-2А в тот момент, когда ходовой винт механизма достигнет крайнего положения. Рабочий ход ходового винта на выпуск может быть от 5 до 40 мм со следующими интервалами: 5, 8, 10, 12 и далее через каждые 2 мм (с допуском  $\pm 1$  мм), регулировка хода в указанных пределах производится только изготовителем.

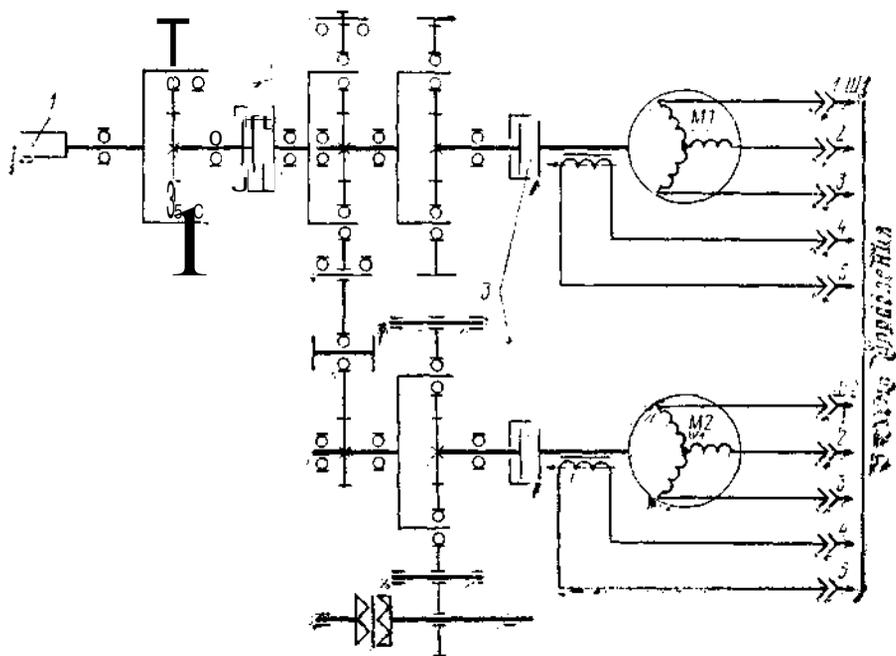


Рис. 8.3. Функциональная электрокинематическая схема механизма МУС-ЗПТВ

**Электромеханизм МУС-ЗПТВ** (рис. 8.3). Он служит для управления стабилизатором и состоит из следующих основных элементов: двух электродвигателей АДС-1000ТВ ( $M1$ ,  $M2$ ), планетарного редуктора (две кинематические передачи с суммирующим дифференциальным устройством), фрикционной муфты 2 ограничения момента, ручного привода 4.

Электродвигатель АДС-1000ТВ — реверсивная асинхронная трехфазная машина с короткозамкнутым ротором и встроенной электромагнитной муфтой сцепления-торможения 3, обмотка которой питается постоянным током. Реверсирование электродвигателя осуществляется переключением двух фаз двигателя. Соединение обмоток статора по схеме «звезда».

При подаче питания от фаз сети  $A$ ,  $B$ ,  $C$  переменного тока на выводы 1—3 (штепсельных разъемов Ш1, Ш2) роторы электродвигателей  $M1$  и  $M2$  начинают вращаться в левую сторону. Через 0,1—0,6 с (по команде от коробки защиты двигателя КЗД-3) включается муфта 3 и соединяются роторы электродвигателей с редуктором. Вращение через понижающий планетарный редуктор (он предназначен для уменьшения частоты вращения и увеличения момента, передаваемого от электродвигателей выходному валу) с суммирующим дифференциальным устройством и фрикционную

муфту ограничения момента передается выходному валу / электро-механизма. Суммирующее дифференциальное устройство обеспечивает сложение частот вращения роторов на выходном валу электро-механизма при одновременной работе двух электродвигателей. При работе одного из электродвигателей выходной вал сохраняет прежнее значение крутящего момента, при этом частота вращения уменьшается вдвое. Муфта 2 служит для кратковременной защиты электро-механизма от перегрузок, возникающих при эксплуатации. Ручной привод 4 предназначен для отладки системы концевых выключателей во время монтажа при обесточенных электродвигателях.

### 8.3. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАМИ САМОЛЕТА

**Управление закрылками на самолете Ту-154Б.** Управление выполняет система перемещения закрылков СПЗ-1А. Она позволяет дистанционно управлять выпуском и уборкой трехщелевых закрылков на режимах взлета и посадки. Одновременно система обеспечивает автоматическую выдачу сигналов в системы управления предкрылками и стабилизатором при совмещенном управлении. Самолет оборудован четырьмя закрылками: двумя внутренними (между фюзеляжем и гондолами шасси) и двумя внешними (за гондолами шасси). Максимальные углы отклонения закрылков в направлении полета, при посадке  $45^\circ \pm 1^\circ 30'$ , при взлете  $28^\circ \pm 1^\circ 30'$ . Закрылки предназначены для увеличения подъемной силы самолета при взлете и посадке.

В случае неправильного положения закрылков при взлете (взлет производится при отклонении закрылков на угол  $28^\circ$  по индикатору) в момент дачи полного газа включается звуковая сигнализация (сирена), запрещающая взлет.

#### Основные технические данные системы СПЗ-1А

Напряжение питания током, В:	
постоянным	27
переменным частотой 400 Гц	36
Потребляемая мощность по току:	
постоянному, Вт	60
переменному, В·А	15
Продолжительность рабочего хода рулевого привода при работе, с:	
от двух гидросистем	$23 \pm \frac{3}{2}$
от каждой гидросистемы	$46 \pm \frac{6}{4}$
Максимальное рассогласование между закрылками	$3^\circ 15'$
Масса системы, кг	65

В комплект системы входят механизм концевых выключателей МКВ-43 2-й серии, рулевой привод РП60-1 с механизмом концевых выключателей МКВ-42А 2-й серии, два механизма концевых выключателей МКВ-41 2-й серии, блок усиления и коммутации

6Ц.254-4, аппаратура управления и сигнализации. Дополнительно в центроплане установлен один механизм МКВ-45 (он не входит в комплект системы СПЗ-1А) для коммутации цепей управления стабилизатором и предкрылками при совмещенном управлении.

Механизм концевых выключателей МКВ-43 служит для формирования электрического сигнала, пропорционального углу поворота рукоятки управления, и переключения цепей управления в крайних положениях рукоятки (рис. 8.4). Механизм состоит из следующих основных элементов: рукоятки управления /, понижающего редуктора ПР, шести микровыключателей SB1—SB6, четырех потенциометров R15—R18.

При нажатии на рычаги 3 фиксаторов рукоятка / снимается с фиксаторов 2 и получает возможность поворачиваться на определенный угол. Вращение от рукоятки управления через зубчатую передачу передается на оси потенциометров R15—R18. Пропорционально углу отклонения рукоятки управления поворачиваются оси потенциометров и на выходе снимается сигнал постоянного тока определенной величины. Рукоятка / неподвижно соединена

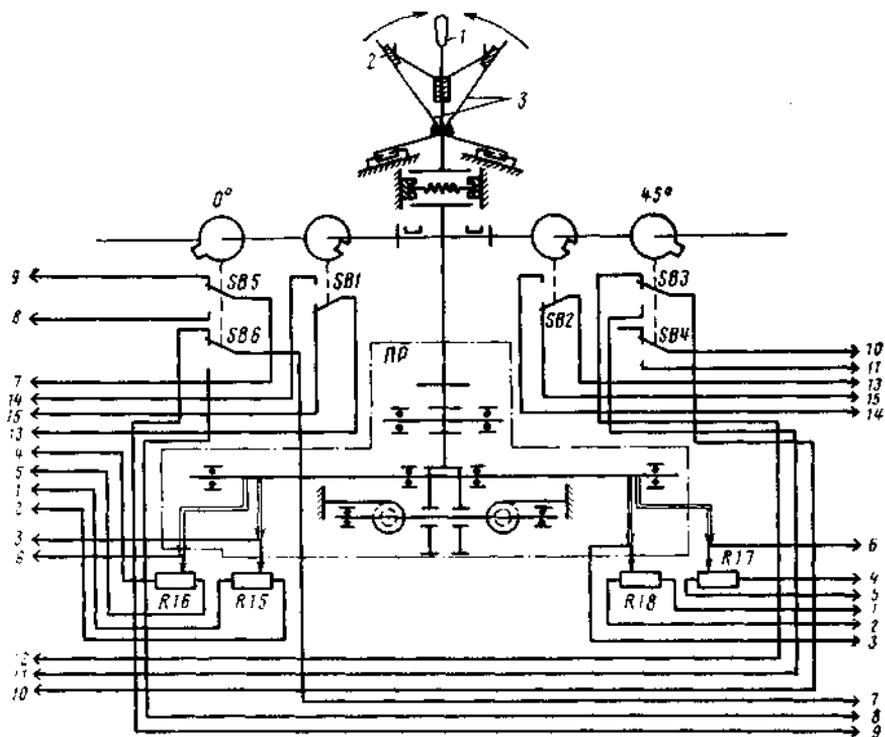


Рис. 8.4. Функциональная электрокинематическая схема механизма концевых выключателей МКВ-43 2-й серии

с валиком блока профилированных кулачков. С поворотом рукоятки управления поворачивается валик с кулачками, которые с помощью микровыключателей переключают цепи управления. Микровыключатели *SB5* и *SB6* срабатывают в положении рукоятки управления 0, а *SB3* и *SB4* — в положении рукоятки управления 45°. Микровыключатели *SB1*, *SB2* переключают цепи управления стабилизатором при совмещенном управлении.

*Гидропривод РП-60-1* предназначен для приведения в действие системы управления закрылками. Состав привода РП-60-1: две головки управления, два гидродвигателя вращательного типа, суммирующий дифференциал, два тормоза и ручной привод. В корпусе головки управления смонтированы два электрогидравлических клапана, обеспечивающих подачу гидросмеси в гидродвигатель вращательного действия, который преобразует энергию давления рабочей жидкости в крутящий момент на роторе.

На корпусе рулевого привода установлен механизм концевых выключателей МКВ-42А 2-й серии. Механизм предназначен для автоматического отключения гидропривода при достижении закрылками крайних рабочих положений, формирования электрического сигнала, пропорционального частоте вращения приводного вала закрылков. Механизм состоит из понижающего планетарного редуктора, восьми микровыключателей и восьми потенциометров.

При вращении приводного вала закрылков планетарный редуктор поворачивает вал кулачков. Кулачки своими выступами нажимают через рычаги на микровыключатели, производя переключение цепей. Кулачковый вал через зубчатое колесо вращает блок потенциометров (их сопротивление изменяется пропорционально частоте вращения приводного вала закрылков).

*Механизм концевых выключателей МКВ-41* предназначен для переключения электроцепей при достижении закрылками определенного положения, формирования электрического сигнала, пропорционального углу отклонения закрылков, и приведения в действие датчика ДС-10 указателя положения закрылков.

Кроме того, левый механизм МКВ-41 обеспечивает: включение цепи звуковой сигнализации во всем диапазоне работы закрылков, кроме диапазона 13—31°; замыкание цепи управления полетными загрузателями и размыкание цепи спецсигнала в АБСУ при убраных закрылках.

Правый МКВ-41 обеспечивает замыкание цепи сигнала ДОВЫ-11УСК ЗАКРЫЛКОВ, а АБСУ при углах установки закрылков свыше 31° по квадранту ( $30^\circ \pm 1^\circ 30'$  по индикатору) и дополнительно обеспечивает замыкание цепи АУАСП-12КРН в диапазоне углов закрылков 5—26°.

Этот механизм состоит из понижающего планетарного редуктора, четырех микровыключателей, двух потенциометров и привода датчика. При вращении приводного вала через планетарный редуктор вращение передается валу кулачков, которые через ры-

чаги своими выступами нажимают на микровыключатели, производя переключение цепей. Вал кулачков через зубчатое колесо связан с валом потенциометров (их сопротивление меняется пропорционально частоте вращения приводного вала). Одновременно вращение от кулачкового вала через зубчатые колеса передается на вал привода датчика положения закрылков.

*Блок усиления и коммутации 6Ц.254-4* служит для включения электрогидравлических клапанов гидропривода, отключения каналов управления или системы в целом при нарушении механической связи между закрылками и сигнализации работы гидропривода. В блоке управления и коммутации установлены четыре магнитных реле, девять электромагнитных реле, резисторы и диоды.

Блок 6Ц.254-4 имеет два одинаковых канала, причем нормальный режим работы предусматривает одновременную работу обоих каналов. Основными элементами блока служат два магнитных реле по первому каналу и два по второму. Магнитное реле выполнено по схеме дроссельного магнитного усилителя с внутренней положительной обратной связью. Это реле имеет сердечник, на котором расположены:

четыре управляющие обмотки  $W_{c1}—W_{c4}$  (рис. 8.5), на которые подается сигнал постоянного тока;

две обмотки смещения  $W_{см1}$  и  $W_{см2}$ . Обмотка смещения  $W_{см1}$  служит для выбора рабочей точки на характеристике магнитного реле и подключена ко вторичной обмотке  $W3$  трансформатора  $T1$  через диоды  $VD1$ ,  $VD2$  и резисторы  $R2$ ,  $R3$  (на первичную обмотку трансформатора  $T1$  подается напряжение 36 В). Обмотка смещения  $W_{см2}$  служит для обеспечения симметрии характеристики;

обмотка положительной обратной связи  $W_{oc}$ , включенная последовательно с рабочими обмотками через диоды  $VD3—VD6$  и резисторы  $R4—R7$ . Ввиду большой положительной обратной связи магнитное реле работает в релейном режиме;

рабочие обмотки (обмотки переменного тока)  $W_{\sim}$ , включенные на вторичную обмотку  $W2$  трансформатора  $T1$ . Последовательно с рабочими обмотками через диоды  $VD3—VD6$  включены обмотка положительной обратной связи и обмотки реле  $K1$  и  $K2'$ , которые служат нагрузкой магнитного реле (параллельно обмоткам реле включены конденсаторы  $C2$  и  $C3$  для сглаживания пульсаций выпрямительного тока).

При подаче сигнала на одну из управляющих обмоток ток, протекая через нее, создает магнитный поток. Этот поток в одном дросселе направлен согласно с магнитным потоком положительной обратной связи, а в другом — встречно. В тоге в одном дросселе суммарный магнитный поток увеличивается, индуктивное сопротивление рабочих обмоток уменьшается, ток в рабочих обмотках увеличивается и реле  $K1$  срабатывает, в другом же дросселе суммарный магнитный поток падает, индуктивное сопротивление рабочих обмоток растет, значение тока будет минимальным, поэтому

реле  $K2'$  не срабатывает. Именно в зависимости от направления тока в обмотках управления срабатывает реле  $K1'$  или  $K2'$  и своими контактами коммутирует цепь постоянного тока.

Система СПЗ-1А дистанционная, электрогидравлическая, ре-лейно-следящая, с приводом вращательного типа, приводящим в действие винтовые механизмы перемещения закрылков через механическую трансмиссию. Для увеличения надежности работы электрические и гидравлические элементы системы резервированы и составляют два канала, управляемых от общей рукоятки управления и имеющих общее выходное звено — выходной вал рулевого привода. Питание каждого канала системы осуществляется от двух независимых источников питания как постоянного, так и переменного тока. Гидравлическое питание осуществляется от двух независимых гидросистем самолета.

Нормальный режим работы системы предусматривает одновременную работу двух каналов. При этом система обеспечивает установку закрылков в любое положение, заданное рукояткой

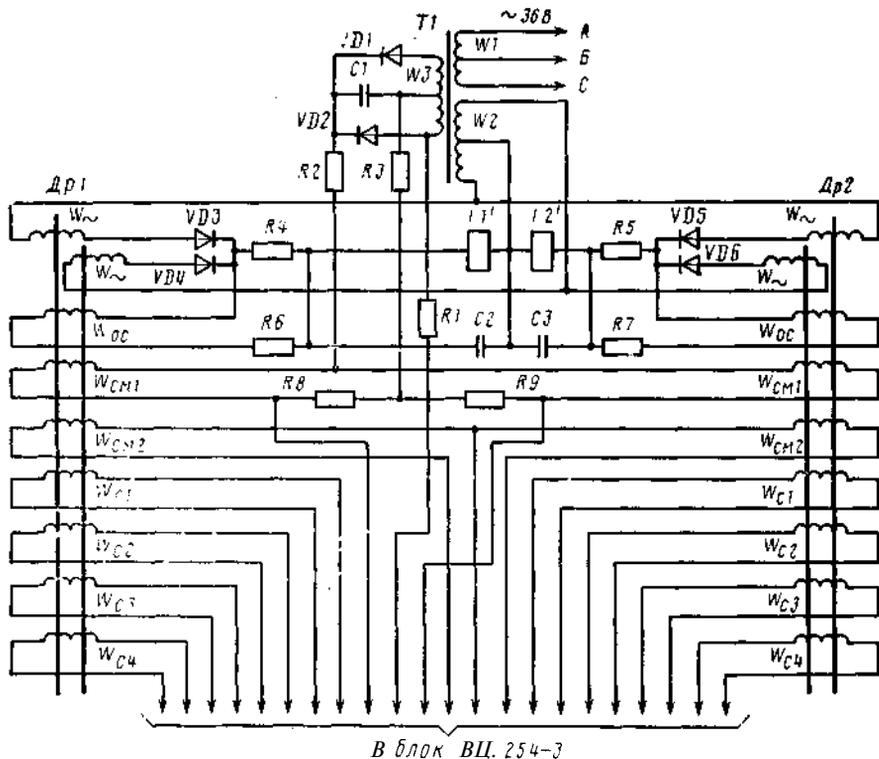


Рис. 8.5. Функциональная электрическая схема магнитного реле блока 611.254-4

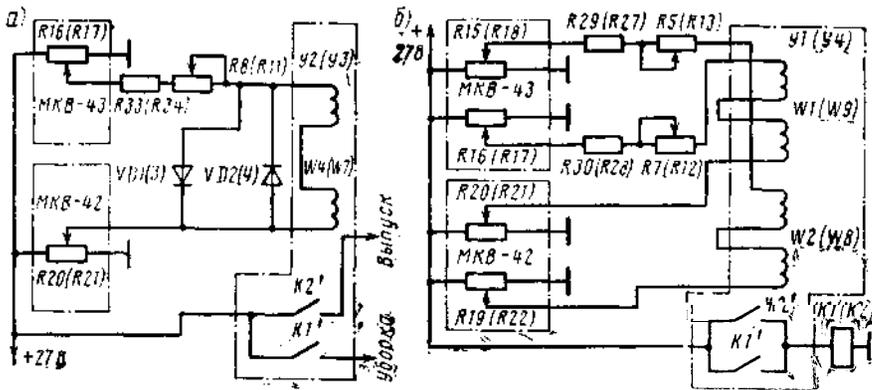


Рис. 8.6. Функциональные электрические схемы подканалов управления (а) и опорного (б) системы СПЗ-1А

управления механизма МКВ-43 2-й серии в диапазоне полного угла отклонения (от 0 до 45°).

С целью обеспечения более плавной остановки вала привода при отработке входного сигнала каналы настроены на разные значения статической погрешности, отличающиеся друг от друга примерно в 2 раза. Первый канал управления с большей статической ошибкой называется грубым каналом (ГК), а второй с меньшей статической ошибкой — точным каналом (ТК). Для канала ГК напряжение срабатывания 1,45 В, напряжение опускания 0,8 В, для канала ТК — 0,75 и 0,4 В соответственно.

При одновременной работе обоих каналов вал привода обрабатывает входной сигнал с максимальной скоростью и точностью, определяемой каналом ГК, после чего он отключается. Далее вал привода обрабатывает входной сигнал с половинной скоростью и точностью, определяемой каналом ТК. При любом электрическом отказе или при отсутствии гидропитания в одном из каналов система обеспечивает автоматическое отключение этого канала, при этом она сохраняет работоспособность и обеспечивает управление закрылками с половинной скоростью при номинальном крутящем моменте на выходном валу привода с точностью, определяемой работающим каналом.

Каждый канал системы состоит из трех подканалов: управления (слежения), опорного и сравнения (а канал ГК содержит еще и подканал синхронизации).

Подканал управления осуществляет релейно-следящее управление и состоит из командного датчика  $R16$  ( $R17$ ) (рис. 8.6, а) и следящего датчика  $R20$  ( $R21$ ), соединенных по схеме моста. Обозначения на рисунке в скобках даны для элемента канала ТК. В диагональ моста через резисторы  $R33$  ( $R34$ ),  $R8$  ( $R11$ ) включена обмотка  $W4$  ( $W7$ ) магнитного реле  $Y2$  ( $Y3$ ).

Параллельно управляющей обмотке  $W4$  ( $W7$ ) включены диоды  $VD1$ ,  $VD2$ ,  $VD3$ ,  $VD4$ , ограничивающие сигнал управляющей обмотки, исключающие одновременное замкнутое состояние контактов реле  $K1'$ ,  $K2'$  включения гидропривода при быстрой перемене входного сигнала.

Принцип действия подканала основан на равновесии и дисбалансе моста. При отсутствии рассогласования в положениях движков командных и следящих датчиков мост сбалансирован и на обмотку  $W4$  ( $W7$ ) магнитного реле  $Y2$  ( $Y3$ ) сигнал не поступает. При перемещении рукоятки управления МКВ-43 перемещаются движки командных датчиков  $R16$  ( $R17$ ), наступает рассогласование в положении движков, нарушается равновесие плеч командного и следящего датчиков. Равновесие моста нарушается. На вход магнитного реле поступает сигнал, при этом срабатывает реле, выдающее команду на включение гидропривода. Вал гидродвигателя начинает вращаться, перемещая выходной вал рулевого привода. Одновременно перемещается и движок следящего датчика  $R20$  ( $R21$ ) в механизме МКВ-42А в направлении уменьшения рассогласования. Когда угол выпуска закрылков будет соответствовать углу, установленному рукояткой управления механизма МКВ-43, мост придет в состояние равновесия и сигнал на управляющую обмотку магнитного реле не поступит. Магнитное реле отключит реле включения гидропривода, и оно отключится.

Опорный подканал служит для обнаружения электрических отказов в подканале управления и автоматически отключает отказавший канал. Работу этого канала удобнее проследить, используя рис. 8.6, а и б. Подканал состоит из датчиков  $R15$  ( $R18$ ),  $R19$  ( $R22$ ), кинематически связанных с командным  $R16$  ( $R17$ ) и следящим  $R20$  ( $R21$ ) датчиками подканала управления. Датчики этого подканала соединены между собой по схеме моста. В диагональ моста через резисторы  $R29$  ( $R27$ ),  $R5$  ( $R13$ ) включена опорная обмотка  $W2$  ( $W8$ ) магнитного реле  $Y1$  ( $Y4$ ). Кроме того, в опорный подканал через резисторы  $R30$  ( $R28$ ),  $R7$  ( $R12$ ) параллельно обмотке  $W4$  ( $W7$ ) реле  $Y2$  ( $Y3$ ) подканала управления включены обмотки  $W1$  ( $W9$ ) реле  $Y1$  ( $Y4$ ). Принцип действия опорного подканала основан на сравнении сигналов, поступающих в обмотки  $W2$  ( $W8$ ) и  $W1$  ( $W9$ ). Эти сигналы равны и противоположны по знаку и компенсируют друг друга. Контакты магнитных реле  $Y$ / $Y4$ ) разомкнуты.

При электрическом отказе в подканале управления, например, при обрыве питания командного датчика  $R16$  ( $R17$ ), или следящего датчика  $R20$  ( $R21$ ), или их движков нарушается равенство сигналов в обмотках опорного подканала и формируется сигнал на срабатывание реле  $K1'$  или  $K2'$ , которое своими контактами включает реле  $K1$  ( $K2$ ), а при его срабатывании отключается питание реле  $Y2$  ( $Y3$ ). При электрическом отказе в опорном подка-

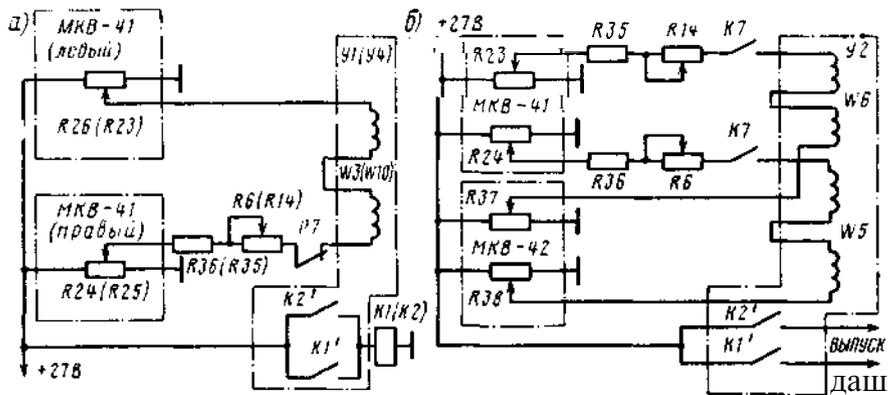


Рис. 8.7. Функциональные электрические схемы подканалов сравнения (а) и синхронизации (б) системы СПЗ-1А

нале отключаются те же элементы канала, что и при отказе в подканале управления.

Подканал сравнения служит для автоматического отключения питания системы при возникновении рассогласования в положении закрылков свыше  $3^{\circ}15'$  при обрыве трансмиссии закрылков. Этот подканал (рис. 8.7, а) состоит из следящих датчиков  $R26$  ( $R23$ ),  $R24$  ( $R25$ ), кинематически связанных с левым и правым закрылками и соединенных по схеме моста. В диагональ моста включена через резисторы  $R36$  ( $R35$ ),  $R6$  ( $R14$ ) обмотка сравнения  $W3$  ( $W10$ ) реле  $Y/$  ( $Y4$ ). При отсутствии рассогласования в положениях закрылков выше допустимого мост сбалансирован и в обмотке сравнения  $W3$  ( $W10$ ) нет сигнала, необходимого для срабатывания реле. При рассогласовании закрылков более  $3^{\circ}15'$  равновесие моста нарушается и в обмотке сравнения появляется сигнал, достаточный для срабатывания реле  $K1'$  или  $K2'$ , которые включают реле  $K1$  и  $K2$  и отключают цепь питания магнитных реле подканалов управления.

Подканал синхронизации (рис. 8.7, б) синхронизирует работу правого и левого закрылков при неисправности одного из них, обеспечивая автоматическое слежение работающего закрылка за отказавшим. Подканал состоит из командных датчиков  $R23$ ,  $R24$ , кинематически связанных с трансмиссией левого и правого закрылков, и следящих датчиков  $R37$ ,  $R38$ , кинематически связанных с выходным валом привода. Датчики  $R23$ ,  $R37$ ,  $R38$ ,  $R24$  соединены между собой по схеме моста через контакты реле  $K7$ . В диагональ мостовых схем подключены обмотки  $W6$  и  $W5$  магнитного реле  $Y2$  через резисторы  $R35$ ,  $R36$  и  $R14$ ,  $R6$ .

При нормальной работе закрылков командные и следящие датчики перемещаются синхронно, рассогласования в положении

движков датчиков нет, поэтому на обмотки  $W5$  и  $W6$  сигнал не поступает. При неисправности правой или левой ветви трансмиссии закрывков нарушается равновесие в мостовой схеме и в одной из этих обмоток формируется сигнал соответствующего знака на срабатывание магнитного реле, которое подает питание на включение первого канала управления. При вращении вала привода через трансмиссию перемещается работающий закрывок. Одновременно перемещаются и движки следящих датчиков  $R38$ ,  $R37$ , уменьшая сигнал рассогласования. При синхронном положении закрывков сигнал рассогласования становится равным нулю, магнитное реле и система отключаются.

*Электрическая схема системы СПЗ-1А.* Система может работать в трех режимах: автоматическом, ручном и аварийном. Режим работы зависит от положения переключателя 2ППВН ( $SA3$ ), который имеет три положения РУЧНОЕ — АВТОМАТ — СИНХРОНИЗАЦИЯ.

*Автоматический режим работы системы* (рис. 8,8). При установке автоматов защиты и аварийного переключателя 2ППГ-15К ( $SA20$ ) в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети подается на питание потенциометров механизмов МКВ-41 2-й серии (левый и правый) и на контакты реле  $K4$ ,  $K5$ ,  $K9$ ,  $K3$ ,  $K6$ ,  $K8$ .

Для автоматического управления закрывками необходимо переключатель 2ППВН ( $SA3$ ) установить в положение АВТОМАТ (нейтральное положение), при этом напряжение бортсети подается на потенциометры  $R15$ ,  $R16$ ,  $R17$ ,  $R18$  механизма МКВ-43, к контактам магнитных реле  $Y1$  и  $Y4$  и на потенциометры  $R19$ ,  $R20$ ,  $R21$ ,  $R22$  механизма МКВ-42А, а через контакты реле  $KJ$ , диоды  $VD5$ ,  $VD6$ , контакты микровыключателей  $SB4$ ,  $SB6$  механизма МКВ-43, контакты реле  $K1$  и  $K7$  к контактам магнитного реле  $Y2$ , а через контакты реле  $K2$ , диоды  $VD8$ ,  $VD7$ , контакты микровыключателей  $SB3$ ,  $SB5$  механизма МКВ-43, контакты реле  $K2$  к контактам магнитного реле  $Y3$ .

*Электрическая схема выпуска закрывков.* Для выпуска закрывков в любое промежуточное положение (кроме крайних) пилот перемещает рукоятку управления на необходимый угол выпуска. При этом движок командного датчика  $R16$  ( $R17$ ), кинематически связанный с рукояткой управления, также перемещается и создается разбаланс моста подканала управления и сигнал поступает на обмотку  $W4$  ( $W7$ ) магнитного реле  $Y2$  ( $Y3$ ). Когда сигнал в обмотке  $W4$  ( $W7$ ) достигает определенной величины, магнитное реле  $Y2$  ( $Y3$ ) срабатывает и напряжение бортсети через контакты микровыключателей  $SB8$  ( $SB9$ ) в механизме МКВ-42А 2-й серии поступает на электрогидравлические клапаны рулевого привода и на обмотки реле  $K5$  и  $K6$  в блоке усиления, которые, срабатывая, включают реле ТКЕ56ПОДГ ( $K22$ ,  $K22'$ ), которые включают сигнальное табло ТС-2 сигнализации работы двух подканалов управления.

Электрогидравлические клапаны, срабатывая, подают гидросмесь в гидродвигатели и в гидротормоза, которые растормаживают валы двигателей. Гидродвигатели через дифференциальную передачу вращают приводной вал на выпуск закрылков. Одновременно перемещаются движки потенциометров  $R20$  ( $R21$ ) обратной связи, расположенные в механизме МКВ-42А 2-й серии. Когда угол выпуска закрылков будет соответствовать углу, установленному на механизме МКВ-43 2-й серии, мост будет сбалансирован, магнитные реле  $У2$  и  $У3$  отключаются и снимают питание с электрогидравлических клапанов рулевого привода. Привод останавливается. Одновременно отключаются реле  $К5$  и  $К6$  и снимают питание с реле  $К22$ ,  $К22'$  и сигнальное табло отключается.

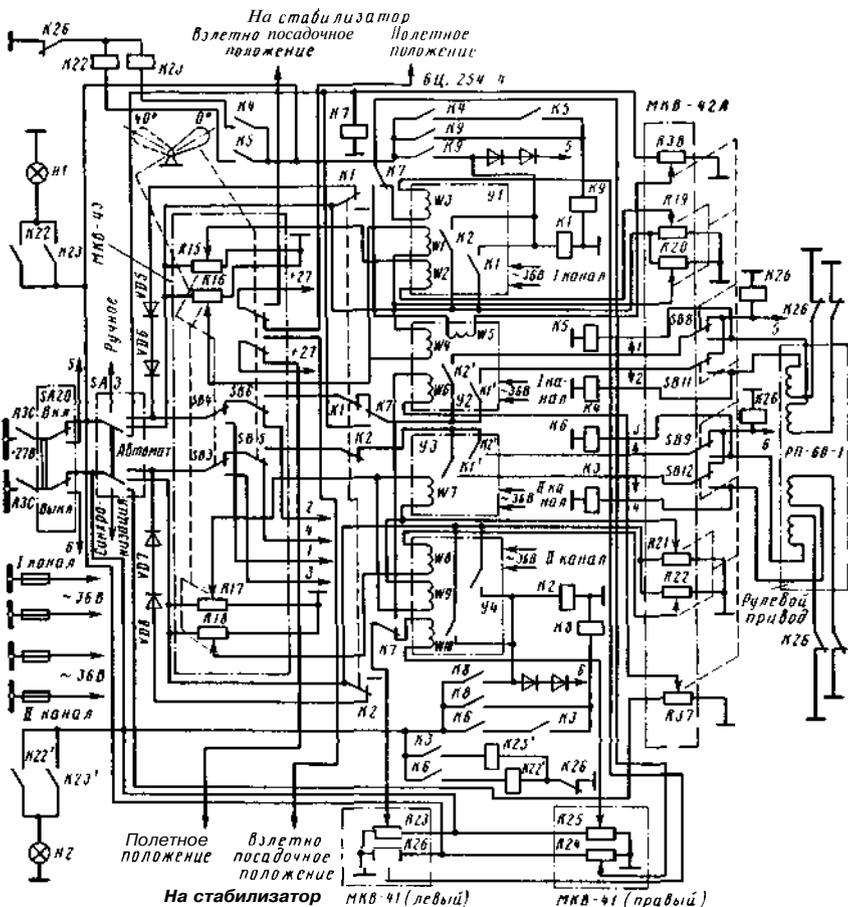


Рис. 8.8. Функциональная электрическая схема системы СПЗ-1А

*Электрическая схема уборки закрылков.* Уборка закрылков происходит аналогично работе электрической схемы на выпуск, только вместо реле  $K2'$  в магнитном реле  $У2$  ( $У3$ ) срабатывает реле  $K1'$  и напряжение бортсети через контакты микровыключателей  $SB11$  и  $SB12$  механизма МКВ-42А 2-й серии поступает на обмотки реле  $K4$  и  $K3$  в блоке усиления и на обмотки электрогидравлических клапанов рулевого привода. Реле  $K4$  и  $K3$ , срабатывая, включают реле ТКЕ56ПОДГ ( $K23$ ,  $K23'$ ), которые включают сигнальное табло, а электрогидравлические клапаны включают гидродвигатели и гидротормоза. Гидродвигатели через дифференциальную передачу вращают приводной вал па уборку закрылков. Одновременно перемещаются движки потенциометров обратной связи  $R20$  ( $R21$ ) в механизме МКВ-42А 2-й серии.

Когда угол установки закрылков будет соответствовать углу, установленному на механизме МКВ-43 2-й серии, мост будет сбалансирован, магнитные реле  $У2$  и  $У3$  отключаются и снимают питание с обмоток реле  $K4$  и  $K3$  и с электрогидравлических клапанов рулевого привода, и закрылки останавливаются. Реле  $K4$  и  $K3$  отключают реле  $K23$ ,  $K23'$ , и сигнальное табло отключается.

*Электрическая схема выпуска закрылков в крайнее положение.* При установке рукоятки управления механизма МКВ-43 2-й серии на угол  $45^\circ$  переключаются контакты микровыключателей  $SB3$  и  $SB4$  и напряжение бортсети через контакты микровыключателей, минуя блок усиления, контакты микровыключателей  $SB8$  и  $SB9$  механизма МКВ-42А 2-й серии, поступает на обмотки реле  $K5$  и  $K6$  и на электрогидравлические клапаны рулевого привода. Реле  $K5$  и  $K6$  включают реле  $K22$ ,  $K22'$ , которые включают сигнальное табло. При выпуске закрылков на угол  $45^\circ$  срабатывают микровыключатели  $SB8$  и  $SB9$  механизма МКВ-42А 2-й серии, и электрическая схема отключается.

*Работа электрической схемы уборки закрылков в крайнее положение.* При установке рукоятки управления механизма МКВ-43 2-й серии в положение 0 срабатывают микровыключатели  $SB5$  и  $SB6$ , следящая система отключается, и напряжение бортсети через контакты микровыключателей, минуя блок усиления, контакты микровыключателей  $SB11$  и  $SB12$  механизма МКВ-42А 2-й серии, поступаем на электрогидравлические клапаны рулевого привода. Далее система работает аналогично выпуску.

*Ручное управление закрылками.* Переключатель  $SA3$  необходимо установить в положение РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. При этом напряжение бортсети поступает на контакты микровыключателей  $SB4$ ,  $SB6$ ,  $SB3$ ,  $SB5$  механизма МКВ-43 2-й серии, помимо блока усиления. Для выпуска закрылков на любой угол необходимо рукоятку управления механизма МКВ-43 2-й серии установить в положение  $45^\circ$ . При этом срабатывают микровыключатели  $SB3$  и  $SB4$  механизма МКВ-43 2-й серии, и напряжение бортсети через контакты микровыключателей  $SB8$  и  $SB8$  механизма МКВ-42 2-й

серии поступает па включение сигнализации и на электрогидравлические клапаны рулевого привода. Далее система работает аналогично автоматическому управлению закрылков. Когда стрелка указателя закрылков покажет необходимый угол выпуска, рукоятку управления надо установить на заданный угол, при этом переключаются контакты микровыключателей *SB3*, *SB4* в механизме МКВ-43 2-й серии, и система отключается.

Для уборки закрылков на любой угол необходимо установить рукоятку управления механизма МКВ-43 2-й серии в положение *O*, при этом срабатывают микровыключатели *SB5* и *SB6*, и схема работает аналогично схеме автоматической уборки.

Когда стрелка указателя положения закрылков покажет нужный угол, рукоятку управления механизма МКВ-43 2-й серии установить на необходимый угол, и микровыключатели *SB5* и *SB6* своими контактами отключают систему управления.

*Аварийные режимы работы системы.* При возникновении электрического отказа в одном канале системы в виде обрыва питания одного из командных датчиков *R16—R18* или одного из следящих датчиков *R19—R22* (нарушения контакта движков потенциометров) система обеспечивает отключение данного канала. Эту функцию выполняет опорный подканал. В обмотках *W1*, (*W9*) и *W2* (*W8*) магнитного реле *У1* (*У4*) появляется сигнал, который, срабатывая, включает реле *К1* (*К2*). Если произошел отказ в первом канале, то срабатывает реле *К1*, которое отключает питание первого канала, а если произошел отказ во втором канале, то срабатывает реле *К2*, которое отключает питание второго канала.

При возникновении электрического отказа в одном канале системы, ведущего к появлению сигнала управления одновременно в обеих обмотках электрогидравлического клапана одного канала рулевого привода (залипание контактов магнитного реле *У2* или *У3*, замыканию обмоток электрогидравлического канала рулевого привода между собой), происходит также автоматическое отключение указанного канала системы. При этом срабатывают одновременно реле *К5* и *К4* или *К6* и *К3* и своими последовательно включенными контактами включают реле *К9* или *К8*. При этом происходит включение реле *К1* или *К2*, которые своими контактами отключают отказавший канал. Реле *К9* или *К8*, срабатывая, блокируются через свои контакты и блокируют цепь питания реле *К1* или *К2*. При возникновении неисправности в двух каналах системы происходит автоматическое отключение системы, и пилот должен перейти на ручное управление.

При отказе в виде неисправности одного из закрылков, когда угол рассогласования будет больше  $3^{\circ}15'$ , появляется сигнал в обмотках *W3* и *W10* магнитных реле *У1* и *У4*, которые, срабатывая, включают реле *К1* и *К2*. Реле *К1* и *К2*, срабатывая, отключают питание магнитных реле *У2* и *У3*, т. е. отключаются оба канала управления.

В этом случае необходимо переключатель SA3 установить в положение СИНХРОНИЗАЦИЯ. Напряжение бортсети через контакты переключателя SA3 подается на потенциометры R37, R38 механизма МКВ-42А 2-й серии и на обмотку реле К7. Реле К7, срабатывая, своими контактами подключает питание к контактам магнитного реле У2 и переключает потенциометры R23 и R24 механизма МКВ-41 2-й серии левого и правого закрылков к потенциометрам R37 и R38 механизма МКВ-42А 2-й серии, при этом включается подканал синхронизации. В зависимости от знака сигнала в обмотках W6 или W5 срабатывает магнитное реле У2, которое подает сигнал на включение электрогидравлического клапана, который, срабатывая, включает рулевой привод на выпуск или уборку закрылков. Когда исправный закрылок займет положение неисправного, сигнал рассогласования снимается с обмоток W6 и W5 магнитного реле У2, которое отключается, и закрылок останавливается. Таким образом исправный закрылок устанавливается в положение, соответствующее неисправному закрылку.

При установке переключателя SA20 в положение ВЫКЛЮЧЕНО питание подается на обмотки двух реле ТКБ52ПОДГ (К26), которые, срабатывая, отключают минусовые цепи электрогидравлических клапанов рулевого привода и обмоток реле К22, К22', К23, К23'. Эти же реле срабатывают при установке закрылков в крайние положения — 0 и 45°.

Автоматы защиты цепей управления АЗСГК-5 установлены на правой и левой панелях АЗС. Автоматы защиты цепей питания магнитных реле АЗФ1К-2 установлены на правой панели АЗС и в РК АБСУ.

Реле ТКЕ-52ПОДГ (К26) отключения рулевого привода первого канала установлено в РК предкрылков. Реле ТКЕ-52ПОДГ (К26) отключения рулевого привода второго канала установлено в РК интерцепторов.

Механизм МКВ-43 2-й серии находится на верхнем электроштитке пилотов, гидропривод РП-60-1 — в центроплане. На корпусе гидропривода установлен механизм МКВ-42А 2-й серии. Механизмы МКВ-41 2-й серии установлены на внешних подъемниках закрылков. Блок усиления 6Ц.254-4 находится в первом техническом отсеке.

*Проверки работы системы.* Для проверки системы необходимо:

убедиться, что в первой и второй гидросистемах самолета имеется давление (20 ± 5) МПа;

проверить работу системы автоматического управления закрылками при одновременной работе двух гидродвигателей (двух подканалов), для чего: установить ручку переключателя SA20 питания управления закрылками на верхнем электроштитке пилотов в положение ВКЛЮЧЕНО, ручку переключателя SA3 режимов работы закрылков в положение АВТОМАТ, а рукоятку управления механизма МКВ 41 2-й серии поочередно в крайнее фиксированное положение 45° (на выпуск закрылков) и 0° (на уборку закрылков), одновременно включив секундомер;

закрылки должны соответственно полностью выпуститься (убраться); после полного выпуска (уборки) закрылков (определяется по выключению сигнальных ламп работы подканалов) выключить секундомер и проверить время полного цикла выпуска (уборки) закрылков;

в процессе выпуска (уборки) закрылков должны гореть сигнальные лампы работы подканалов и время выпуска (уборки) должно быть  $23 \pm \frac{1}{3}$  с.

После полного выпуска (уборки) и останова закрылков сигнальные лампы должны выключиться. Проверить работу системы автоматического управления закрылками при работе одного гидродвигателя (подканала), для чего: выключить автомат защиты АЗСГК-5 второго подканала, произвести выпуск и уборку закрылков [с замером времени, время выпуска (уборки) должно быть  $46 \pm \frac{1}{4}$  с];

включить автомат защиты АЗСГК-5 второго подканала, выключить автомат защиты АЗСГК-5 первого подканала, произвести выпуск и уборку закрылков [с замером времени, время выпуска (уборки) должно быть  $46 \pm \frac{1}{4}$  с];

включить автомат защиты АЗСГК-5 первого подканала системы управления закрылками.

**Управление закрылками на самолете Ту-134А.** Оно осуществляется системой электрического управления СЭУЗ-1 2-й серии. Она позволяет управлять закрылками при взлете и посадке самолета, а также обеспечивает синхронную работу закрылков при нарушении механической связи между ними. Самолет оборудован четырьмя закрылками: двумя внутренними и двумя внешними. Углы отклонения закрылков: на взлете  $10 - 30^\circ$ , при посадке  $38^\circ$ . Закрылки приводятся в действие от трансмиссии, приводимой во вращение реверсивным электромеханизмом МПЗ-18А-5.

В комплект системы входят: электромеханизм МПЗ-18А-5, механизмы концевых выключателей МКВ-43А 2-й серии, МКВ-42А 2-й серии, два МКВ-41 2-й серии, блок управления БУ-2А 3-й серии, аппаратура управления и сигнализации. Механизмы концевых выключателей МКВ-43А, МКВ-42А и МКВ-41 аналогичны механизмам концевых выключателей системы СПЗ-1А, за исключением регулировки концевых выключателей (на самолете Ту-134А угол выпуска закрылков  $38^\circ$ , а на самолете Ту-154Б —  $45^\circ$ ).

Блок БУ-2А имеет четыре самостоятельных канала, собранных на четырех магнитных реле, два магнитных реле, работающих параллельно и обеспечивающих переключение цепей при автоматическом управлении закрылками, а два магнитных реле обеспечивают синхронизацию закрылков при нарушении механической связи между ними.

Работу автоматического управления закрылками удобнее рассмотреть на одном канале. В канал управления входит одно магнитное реле. Его принцип работы аналогичен принципу работы магнитного реле системы СПЗ-1А, за исключением того, что здесь имеется одна управляющая обмотка.

Канал управления (рис. 8.9, а) осуществляет следящее управление закрылками и состоит из командных датчиков механизма МКВ-43А и следящих датчиков механизма МКВ-42А, соединенных по схеме моста. В диагональ моста включена управляющая обмотка  $W_{c1}$  магнитного реле УЗ (У4). При отсутствии рассогласова-

ния в положениях движков командных и следящих датчиков мост сбалансирован и на обмотку  $W_{c1}$  сигнал не поступает. В дальнейшем работа реле  $У3$  ( $У4$ ) аналогична работе магнитного реле  $У2$  ( $У3$ ) подканала управления системы СЭУЗ-1А.

Канал синхронизации (рис. 8.9, б) работает следующим образом. При исправной кинематике закрылков мост, состоящий из командных датчиков механизмов МКВ-41 и следящих датчиков механизма МКВ-42А, согласован, и сигналы на входе магнитных

реле  $У1$ ,  $У2$  отсутствуют. Каналы синхронизации взаимно связаны, каждый из них управляется одновременно от механизмов МКВ-41 правого и левого закрылков. Если синхронность перемещения закрылка с приводом нарушена, происходит расбаланс моста и на вход магнитных реле  $У1$ ,  $У2$  поступает сигнал. Реле  $У2$ , срабатывая, включает реле  $К7$  или  $К8$ , а реле  $У1$ , срабатывая через контакты реле  $К7$  ( $К8$ ), включает реле  $К2$ , которое отключает каналы управления. Реле  $К2$ , срабатывая, включает красную сигнальную лампу ОБРЫВ ТРАНСМИССИИ ЗАКРЫЛКОВ и выдает команду на отключение электропривода.

Система СЭУЗ-1 2-й серии обеспечивает автоматическое управление выпуском и уборкой закрылков, аварийное управление, синхронизацию и ручное управление (рис. 8.10).

Автоматическое управление выпуском закрылков рассмотрим на работе одного канала системы при выпуске закрылков в промежуточное ( $20^\circ$ ) положение. Переключатель рода работ 2ППНГ-15К ( $SA1$ ) устанавливают в нейтральное положение АВТОМАТ. При включении АЗС-5  $SF2$  напряжение борсети через контакты 1—2 реле  $К2$  и контакты 7—8 реле  $К1$ , контакты микровыключателей  $SB5$  и  $SB1$  механизма МКВ-43А, контакты реле  $К44$  поступает на

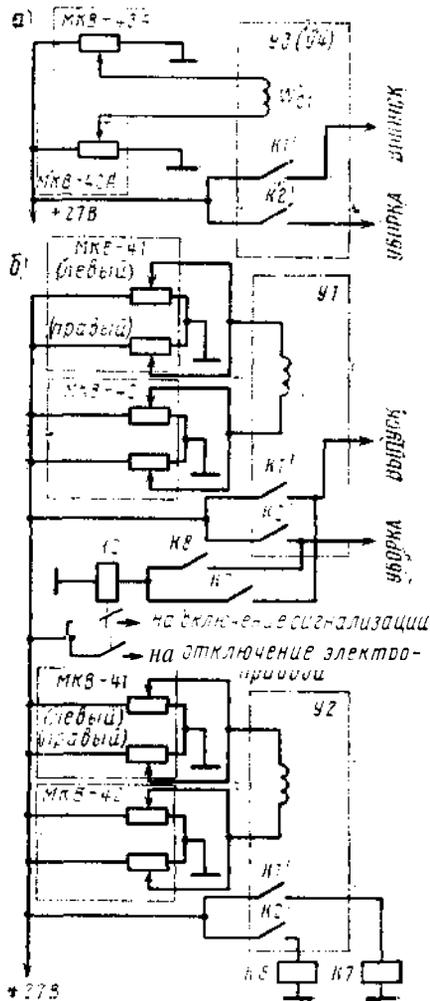


Рис 8.9. Функциональные схемы каналов управления (а) и синхронизации (б) системы СЭУЗ-1

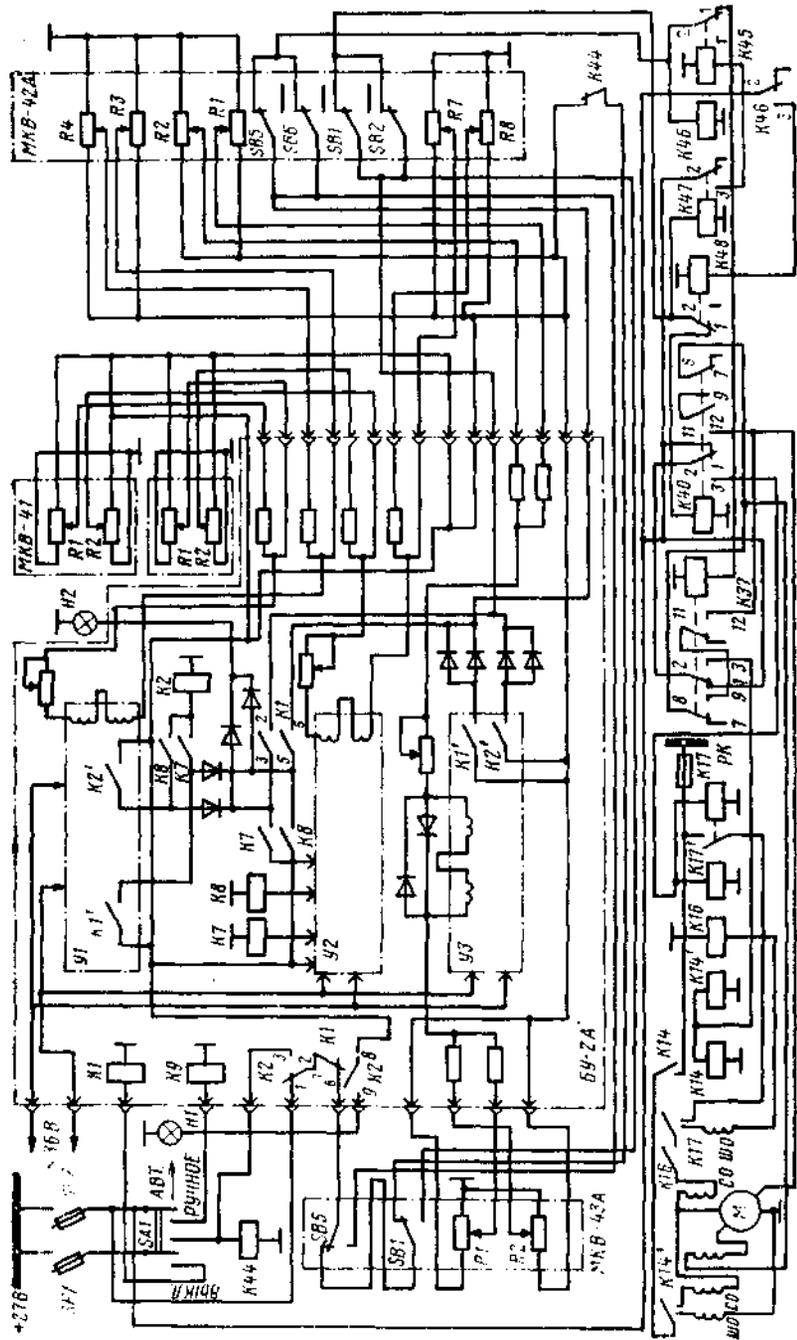


Рис. 8.10. Функциональная электрическая схема управления закрылками на самолете Ту-134А

потенциометры  $R1$  и  $R2$  механизма МКВ-43А и потенциометры  $R1$  и  $R2$  механизма МКВ-42А. Одновременно напряжение бортсети подается к контактам реле  $K1'$  и  $K2'$  магнитного реле  $УЗ$ . В измерительную диагональ моста включена управляющая обмотка реле  $УЗ$  блока управления БУ-2А. Если угол отклонения закрылков на самолете соответствует углу, заданному рукояткой управления механизма МКВ-43А, мост уравновешен. Тока в измерительной диагонали нет.

При повороте рукоятки управления механизма МКВ-43А перемещаются движки потенциометров  $R1$ ,  $R2$ , кинематически связанных с рукояткой, и равновесие моста нарушается. В измерительной диагонали протекает ток, при этом срабатывает реле  $K1'$  магнитного реле  $УЗ$ . Напряжение бортсети через контакты этого реле  $K1'$ , контакты микровыключателей  $SB5$ ,  $SB6$  механизма МКВ-42А поступает на обмотку реле ТВЕ-101В ( $K46$ ) и через контакты 2—1 реле ТКЕ21ПДТ ( $K45$ ) — на обмотку реле ТК854ПД1 ( $K37$ ), которое срабатывает. Напряжение бортсети через автомат  $SF2$ , контакты 1—2 реле  $K40$ , контакты 2—3 реле  $K37$  поступает на обмотки контакторов  $K14$ ,  $K14'$ . Реле  $K37$  контактами 12—11 и 9—8 замыкает цепь включения электромагнитной муфты сцепления-торможения, которая получает питание от дополнительных щеток электродвигателя.

Реле времени  $K46$ , срабатывая, включает реле  $K48$ , которое размыкает цепь обмотки реле  $K40$  управления электромеханизмом МПЗ-18А-5М на уборку закрылков. Контакторы  $K14$ ,  $K14'$ , срабатывая, включают шунтовую обмотку (ШО), серийную обмотку (СО) и обмотку якоря электродвигателя, и якорь начинает вращаться. За счет противоэлектродвижущей силы обмотки якоря срабатывает электромагнитная муфта и сцепляет якорь электродвигателя с редуктором. Вращающий момент от электродвигателя через редуктор начинает передаваться на приводной вал управления закрылками, которые выпускаются. Одновременно перемещаются движки следящих датчиков  $R1$ ,  $R2$ , сигнал в измерительной диагонали моста уменьшается. Когда угол выпуска закрылков будет соответствовать углу  $20^\circ$ , заданному рукояткой управления МКВ-43А, реле  $УЗ$  отключится. При этом отключается реле  $K37$ , которое размыкает цепь питания контакторов  $K14$ ,  $K14'$ , и электродвигатель обесточивается, привод останавливается. Аналогично работает и управляет вторым электродвигателем реле  $У4$ . Реле  $K46$  отключается с выдержкой времени 0,5 с и выключает реле  $K48$ , которое подготавливает цепь управления электродвигателем на уборку закрылков. Реле времени  $K46$  обеспечивает при реверсе рукоятки механизма МКВ-43А перерыв на 0,5 с перед включением электромеханизма ( $M$ ) на противоположное направление вращения.

Автоматическое управление уборкой закрылков также рассмотрим на работе одного канала. При установке рукоятки управления

механизма МКВ-43А на уборку закрылков срабатывает реле *K2'* в магнитном реле *У3* и напряжение бортсети подается через:

контакты микровыключателей *SB1* и *SB2* механизма МКВ-42А на обмотку реле *K47* и через контакты 2—1 реле *K48* на обмотку реле *K40*, которые срабатывают;

автомат *SF2*, контакты 1—2 реле *K37*, контакты 2—3 реле *K40* на обмотки контакторов *K17*, *K17'*. Контактными 8—9 и 11—12 реле *K40* включает обмотку электромагнитной муфты на дополнительные щетки электродвигателя.

При срабатывании контактора *K17* напряжение бортсети с его подвижного контакта подается на шунтовую обмотку (ШО) возбуждения электродвигателя механизма (М) и обмотку контактора *K16*, которые включены последовательно. Контактор *K16* включает силовую обмотку и обмотку якоря электродвигателя. За счет противоэлектродвижущей силы обмотки якоря срабатывает электромагнитная муфта и соединяет якорь электродвигателя с редуктором. Происходит уборка закрылков.

Реле *K47*, срабатывая, включает реле *K45*, которое контактами 2—1 размыкает цепь включения реле *K37* управления выпуском закрылков. При уборке закрылков перемещаются движки следящих датчиков *R1*, *R2* механизма МКВ-42А до сбалансирования моста, реле *У3*, отключаясь, снимает питание с реле и контакторов, управляющих электродвигателем, и привод останавливается. Аналогично работает и управляет вторым электродвигателем реле *У4*.

В случае выхода из строя одного из двух электродвигателей механизма (М) или одного из каналов управления система остается работоспособной: заданный угол отработывает один работающий электродвигатель (скорость отработки в 2 раза меньше, чем при работе с двумя).

При уборке и выпуске закрылков в крайнее положение 0 и 38° рукоятку управления механизма МКВ-43А устанавливают в положение 0 (на уборку) или 38° (на выпуск). При этом срабатывает микровыключатель *SB1* (при уборке в положение 0) или *SB5* (при выпуске в положение 38°) в механизме МКВ-43А, в результате чего напряжение бортсети, минуя блок управления, подается через контакты микровыключателей *SB1*, *SB2* на уборку закрылков или *SB5*, *SB6* на выпуск закрылков механизма МКВ-42А, на аппаратуру управления электромеханизмом М. Привод в крайних положениях отключают микровыключатели механизма МКВ-42А.

В случае отказа автоматического управления убрать и выпустить закрылки можно в аварийном режиме. Для выпуска закрылков в аварийном режиме переключатель *SA1* устанавливают в нейтральное положение, а рукоятку управления закрылками МКВ-43А — в положение 38°. При этом напряжение бортсети, минуя блок управления, поступает непосредственно в цепи управления приводом. Привод включается и обеспечивает выпуск закрылков. При достижении закрылками необходимого угла выпуска (это

контролируют по указателю) переключатель *SA1'* устанавливают в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**, а рукоятку управления механизма **МКВ-43А** — в положение, соответствующее необходимому углу выпуска закрылков по указателю.

Для уборки закрылков рукоятку управления механизма **МКВ-43А** ставят в положение 0, а переключатель *SA1* — в нейтральное положение. При этом напряжение бортсети, минуя цепи автоматического управления, подается непосредственно в цепи управления приводом. Привод включается и обеспечивает уборку закрылков. Необходимый угол отклонения закрылков обеспечивается переключением переключателя *SA1* в положение **ВЫКЛЮЧЕНО** в моменты, фиксируемые по показанию указателя. После уборки закрылков на нужный угол рукоятку управления механизма **МКВ-43А** устанавливают в положение, соответствующее положению закрылков по указателю.

Синхронизация работы закрылков выполняется следующим образом. При нарушении механической связи между закрылками нарушается согласованность их взаимного расположения, что представляет большую опасность при полете самолета. Если кинематика закрылка исправна, мосты, составленные из задающих датчиков *R1, R2* в двух механизмах **МКВ-41** и следящих датчиков *R3, R4, R7, R8* в механизме **МКВ-42А**, уравновешены, так как движки потенциометров перемещаются синхронно. Сигналов в управляющих обмотках магнитных реле *У1* и *У2* нет. Если механическая связь привода с одним из закрылков нарушается, синхронность перемещения движков следящих, командных датчиков механизма **МКВ-41** соответствующего закрылка и равновесие мостов нарушаются. В их диагоналях возникает сигнал рассогласования.

При появлении сигнала в обмотках управления реле *У1* и *У2* они срабатывают, замыкая соответствующие выходные контакты. Напряжение бортсети через замкнувшиеся контакты реле *У2* подается на реле *К7* или *К8*, которые являются промежуточными и обеспечивают выполнение логики «И» на включение реле *К2* и логики «ИЛИ» на включение лампы *Н2* (**ЛОЖНЫЙ ОТКАЗ**). Если сигнал не ложный, должно сработать и реле *У1*. Тогда напряжение бортсети через замкнутые контакты реле *У1* и контакты *К7* или *К8* следует на реле *К2*, при срабатывании которого через контакты 8—9 реле *К2* подводится питание на красную лампу **ОБРЫВ ТРАНСМИССИИ ЗАКРЫЛКОВ (Н1)**, а контактами 1—2 реле *К2* отключает первый канал управления.

После загорания сигнальной лампы переключатель рода работы *SA1* устанавливают в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**, при этом срабатывают реле *К1* и *К9*. Реле *К9*, срабатывая, отключает второй канал управления, а реле *К1* вторично отключает оба канала управления, а контактами 3—2 или 6—5 включает цепи управления приводом по каналу синхронизации. При этом плюс бортсети через контакты магнитного реле *У1* или контакты реле *К7* или *К8*, кон-

такты реле *K1*, контакты микровыключателей *SB5*, *SB6* (на выпуск) или *SBI*, *SB2* (на уборку) механизма МКВ-42А поступает в цепи управления приводом. Привод начинает вращаться, снимая сигнал рассогласования с входа реле *У1*, *У2*. Реле *У1*, *У2* включены в схему таким образом, что своими контактами обеспечивают включение привода на то направление вращения, при котором осуществляется отработка угла рассогласования между закрылками.

После отработки угла рассогласования между закрылками сигнальная лампа должна погаснуть, затем может мигать. Таким образом, при нарушении кинематической связи одного из закрылков с приводом второй (исправный) закрылок должен устанавливаться синхронно с первым (неисправным), т. е. система обеспечивает автоматическое слежение исправного закрылка за положением неисправного. Если сигнал оказался ложным (обрыв движка потенциометра МКВ-41 или МКВ-42А), то также срабатывает реле *У1* или *У2*. Если сработало реле *У2*, то срабатывает и реле *K7* или *K8*, и напряжение бортсети через контакты реле *У1* или контакты реле *K7* или *K8* подается на желтую сигнальную лампу *Н2*.

Вручную закрылками управляют в случае отказа автоматического и аварийного управления. Для этого переключатель *SA1* ставят в положение РУЧНОЕ. При этом срабатывает реле *K44* и отключает цепи питания блока управления. Рукоятку управления механизма МКВ-43А устанавливают в положение  $38^\circ$  (на выпуск) или  $0^\circ$  (на уборку). При этом напряжение бортсети, минуя блок управления, поступает непосредственно в цепи управления приводом. В дальнейшем схема работает аналогично работе аварийного управления.

При проверке работы системы СЭУЗ-1 2-й серии в автоматическом режиме: переводят ручку переключателя *SA1* режимов работы закрылков в положение АВТОМАТ;

выпускают закрылки на максимальный угол, устанавливая рукоятку механизма МКВ-43А последовательно в положения 10, 15, 20, 25,  $38^\circ$  (углы отклонения закрылков контролируют по индикатору). Закрылки должны выпускаться на соответствующие углы и останавливаться. Максимальный угол выпуска закрылков должен быть  $(38 \pm 1)^\circ$ ;

убирают закрылки, ставя рукоятку механизма МКВ-43А последовательно в положения 25, 20, 15, 10,  $0^\circ$ . Закрылки должны убираться и останавливаться на соответствующих углах;

поочередно выпускают закрылки, установив рукоятку механизма МКВ-43А в положение  $38^\circ$ , и убирают закрылки, переводя рукоятку МКВ-43А в положение 0; от двух электродвигателей механизма МПЗ-18А-5, от электродвигателя № 1 (выключив АЗС-5 МОТОР № 2) и от электродвигателя № 2 (выключив АЗС-5 МОТОР № 1). Закрылки должны выпускаться и убираться непрерывно, так как сигнал подается непосредственно на аппаратуру управления приводом, минуя цепи автоматики.

В процессе выпуска и уборки закрылков проверяют время их движения и ток, потребляемый электродвигателями электромеханизма МПЗ-18А-5. Время выпуска закрылков на максимальный угол или их уборки из полностью выпущенного положения на земле должно быть при работе: двух электродвигателей не более 25 с, отдельной каждого электродвигателя не более 50 с.

Ток, потребляемый при работе электромеханизма на земле, должен быть при работе двух электродвигателей 75—115 А, а при работе одного электродвигателя 40—60 А.

**Управление предкрылками на самолете Ту-154Б.** Самолет оборудован шестью предкрылками: внутренними, средними и внешними, которые расположены вдоль передней кромки крыла и в убранном положении образуют участок передней части крыла. Угол отклонения предкрылков при взлете и посадке: внутренний  $20^\circ \pm 20'$ , средний  $20^\circ \pm 20'$ , внешний  $16^\circ \pm 20'$ . Предкрылки предназначены для устранения срыва потока на передней верхней поверхности крыла при больших углах атаки, а также для увеличения подъемной силы самолета при взлете и посадке.

В систему управления предкрылками входят следующие агрегаты:

электромеханизм ЭПВ-8П, предназначенный для привода в действие системы управления предкрылками. По устройству и электрокинематической схеме он аналогичен электромеханизму МУС-ЗПТВ, но здесь установлены электродвигатели АДС-600Г, имеющие меньшую мощность;

механизм концевых выключателей МКВ-40А, служащий для отключения электромеханизма ЭПВ-8П в крайних положениях предкрылков;

аппаратура управления и сигнализации;

две коробки защиты двигателя КЗД-3, которая автоматически включает муфту сцепления-торможения и защищает электродвигатель при обрыве фазы.

#### Основные технические данные коробки КЗД-3

Напряжение, В:	
питания постоянного тока цепи управления	27
трехфазного переменного тока	200
Ток, А:	
в первичной цепи трансформаторов	10
потребляемый постоянный	0,3
Время задержки сигнала на включение муфты сцепления-торможения, с.	0,1—0,6
Режим работы	повторно-кратковременный
Масса, кг	1

Кг основания коробки защиты двигателей установлены транзисторы типа 2Т602БОС ( $V_{T1}—V_{T3}$ ) (рис. 8.11), диоды Д237АОС ( $V_{D3}$ ), Д237БОС ( $V_{D1}$ ,  $V_{D2}$ ,  $V_{D23}$ ), 2Д102А ( $V_{D4}—V_{D22}$ ,  $V_{D24}$ ), резисторы  $R_1—R_9$  и конденсаторы собраны на печатных платах. Кроме того, на основании коробки размещены реле ТКЕ22П1Г ( $K_1$ ), ТКН21ПО 1ГМ ( $K_2—K_5$ ), транзистор 2Т903Б ( $V_{T4}$ ), тороидальные трансформаторы тока  $T_1—T_3$ , диоды Д237БОС ( $V_{D26}$ ), 2Д101 ( $V_{D25}$ ) и резистор  $R_{10}$ .

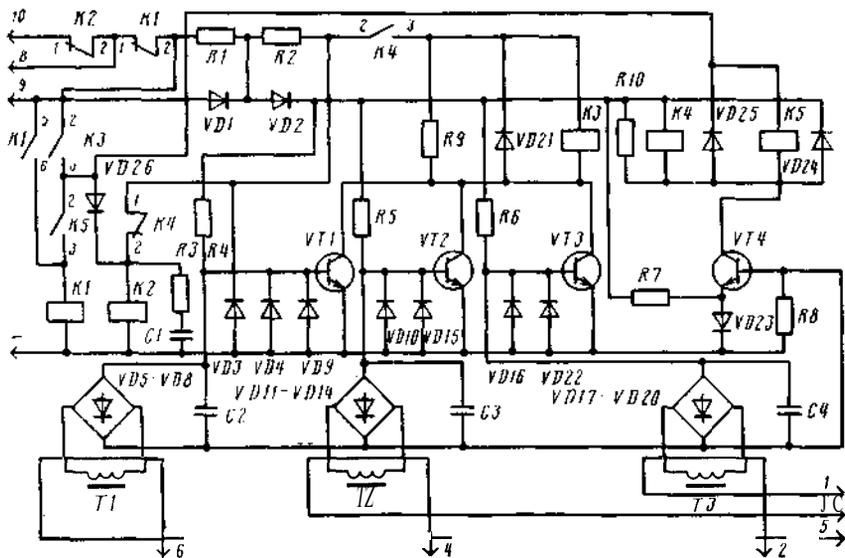


Рис. 8.11. Функциональная электрическая схема коробки КЗД-3

Вывод 8 коробки соединен с обмоткой контактора, включающего электродвигатель механизма, вывод 10 — с обмоткой реле, включающего муфту сцепления-торможения двигателя, а первичные обмотки трансформаторов  $T1-T3$  включают последовательно с обмотками соответствующих фаз электродвигателя.

При подаче напряжения 27 В на вывод 9 напряжение бортсети через контакты 2—1 реле  $K1$  поступает на вывод 8 коробки, через диоды  $VD1, VD2$ , контакты 2—1 реле  $K4$  — на обмотку реле  $K2$ , через резистор  $R3$  — на заряд конденсатора  $C1$ . Реле  $K2$ , срабатывая, размыкает свои контакты 1—2 и снимает напряжение с вывода 10 коробки.

При подаче напряжения на вывод 8 коробки во внешней цепи срабатывает контактор и запускает на холостом ходу электродвигатель механизма. Несмотря на то что в первоначальный момент на вывод 10 коробки одновременно поступает напряжение (до срабатывания реле  $K2$ ), электромагнитная муфта сцепления-торможения двигателя не успевает сработать. В момент подачи напряжения на вывод 9 транзисторы  $VT1-VT3$  открываются токами базы через резисторы  $R4-R6$  соответственно, но реле  $K3$  не срабатывает, так как контакты 2—3 реле  $K4$  исключают возможность подачи напряжения на обмотку реле  $K3$ .

При подаче напряжения на электродвигатель через первичные обмотки трансформаторов  $T1-T3$  протекает ток соответствующих фаз электродвигателя. Во вторичных обмотках индуцируется

ЭДС, выпрямляемая диодами  $VD5—VD8$ ,  $VD11—VD14$ ,  $VD17—VD20$  и плюсом прикладываемая на базу транзистора  $VT4$ . Он открывается, срабатывает реле  $K4$  (транзисторы  $VT1—VT4$  имеют  $n—p—n$ -проводимость). Kontakтами  $2—1$  реле  $K4$  отключает обмотку реле  $K2$ , которое отключается после разряда конденсатора  $C1$  через  $0,1—0,6$  с, и напряжение бортсети через контакты  $2—1$  реле  $K1$  и  $K2$  подводится к выводу  $10$  коробки, а с нее — на реле включения электромагнитной муфты сцепления-торможения.

При наличии напряжения трех фаз через первичные обмотки трансформаторов  $T1—T3$  протекает ток и транзисторы  $VT1—VT3$  будут закрыты запирающим напряжением, снимаемым с диодов  $VD4$ ,  $VD9$ ;  $VD10$ ,  $VD15$ ;  $VD22$ ,  $VD16$ , поэтому реле  $K3$  не срабатывает. Если одна из фаз электродвигателя или две или три фазы обесточены, транзистор  $VT1$ , или  $VT2$ , или  $VT3$  открывается. Реле  $K3$  срабатывает, замыкая своими контактами  $2—3$  цепь питания обмотки реле  $K5$ , а через диод  $VD26$  — цепь питания обмотки реле  $K2$ . Реле  $K2$  контактами  $1—2$  снимает питание с вывода  $10$ , а реле  $K5$  контактами  $3—2$  замыкает цепь питания обмотки реле  $K1$ , которое размыкает контакты  $1—2$  и снимает напряжение с вывода  $8$  коробки. При этом отключается электродвигатель и его электромагнитная муфта сцепления-торможения. Реле  $K1$ , срабатывая, блокируются через свои контакты  $5—6$ , исключая этим возможность повторного включения электродвигателя. При снятии напряжения с вывода  $9$  коробки схема возвращается в исходное положение.

Резистор  $R3$  ограничивает ток заряда конденсатора  $C1$ . Конденсаторы  $C2—C4$  являются фильтром. Через диоды  $VD21$ ,  $VD24$ ,  $VD25$  замыкаются токи, вызванные ЭДС самоиндукции обмоток реле. Диоды  $VD1$ ,  $VD2$  предохраняют схему коробки при подаче напряжения постоянного тока с обратной полярностью. Через резисторы  $R7$ ,  $R8$  и диод  $VD23$  подается напряжение смещения на транзистор  $VT4$ .

Управление предкрылками может осуществляться автоматически или вручную; так как двигатели электромеханизма ЭПВ-8П включаются аналогично, то рассмотрим схему включения одного электродвигателя (рис. 8.12). При закрытой крышке переключателя управления предкрылками 2ПННТ-К ( $SA4$ ) концевые выключатели А-812В ( $SB19$ ) подготавливают цепи автоматического управления. При выпуске закрылков замыкаются концевые выключатели механизма МКВ-45 и напряжение бортсети через концевой выключатель  $SB19$  подается к нормально замкнутым контактам  $2—1$  реле ТКЕ22П1Г ( $K25$ ) и ТКЕ21ПОДГ ( $K26$ ) и через диод Д237Б ( $VD21$ ) — к нормально разомкнутым контактам  $17—18$  реле ТКЕ26П1Г ( $K22$ ,  $K22'$ ).

Реле  $K22$ ,  $K22'$  срабатывают при выпуске закрылков (питание на них подается с блока 6Ц.254-4) и включают реле  $K25$  и  $K26$ . Реле  $K22$ ,  $K22'$  включаются только на время выпуска закрылков,

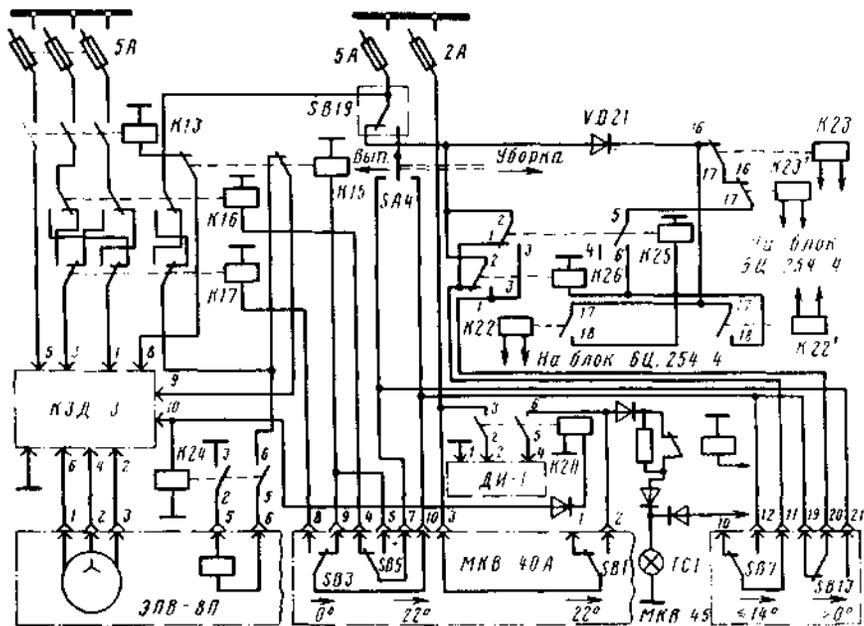


Рис 8.12. Функциональная электрическая схема управления предкрылками

поэтому реле  $K25$  и реле  $K26$ , срабатывая, блокируются через нормально замкнутые контакты  $16-17$  реле  $K23$ ,  $K23'$  и контакты  $5-6$  реле  $K25$ . Для включения обоих каналов управления предкрылками достаточно включения любого из двух каналов управления закрылками. Схемой предусмотрена блокировка выпуска предкрылков при невыпущенных закрылках. При срабатывании реле  $K25$  и  $K26$  питание подается на вывод  $20$  механизма МКВ-45 и через контакты концевого выключателя  $SB13$  механизма МКВ-45 на вывод  $7$  механизма МКВ-40А.

При ручном управлении и открытии крышки переключателя  $SA4$  переключается выключатель  $SB/9$ , подготавливая цепи ручного управления. При установке переключателя  $SA4$  в положение ВЫПУСК напряжение бортсети через выключатель  $SB19$  и переключатель  $SA4$  следует на вывод  $7$  механизма МКВ-40А. В дальнейшем схема при ручном и автоматическом управлении работает одинаково.

Напряжение бортсети через концевой выключатель  $SB5$  механизма МКВ-40А поступает на обмотку контактора ТКД133ДОД ( $K16$ ), который срабатывая, подготавливает цепь включения электродвигателя на выпуск предкрылков. Одновременно напряжение бортсети через контакты контактора  $K16$ , нормально замкнутые контакты контактора ТКД133ДОД ( $K17$ ), нормально замкнутые

контакты реле ТКЕ22П1Г (*K15*) подается па вывод 9 коробки КЗД-3, а через вывод 8, контакты реле *K15* идет на обмотку контактора ТКД103ДОД (*K13*). Он, срабатывая, включает электродвигатель на сеть через первичные обмотки трансформаторов *T1—T3*, коробки КЗД-3, через 0,1—0,6 с с вывода 10 коробки КЗД-3 напряжение бортсети поступает на обмотки реле ТКД1020ДГ (*K24*) и реле ТКЕ22П1Г (*K20*).

Реле *K24*, срабатывая, через контакты контактора *K16* и нормально замкнутые контакты контактора Д/7 включает электромагнитную муфту, соединяющую ротор электродвигателя с редуктором, и предкрылки выпускаются. Реле *K20*, срабатывая, включает датчик импульсов ДИ-1, который включает сигнальное табло ПРДКРЫЛКИ" ВЫПУЩЕНЫ ТС-1 с зеленым светофильтром в режим мигания. После выпуска предкрылков переключаются концевые выключатели *SB5* и *SB1* механизма МКВ-40А. Выключатель *SB5* размыкает цепи питания обмоток контакторов *K16*, *K13* и реле *K24* и *K20*. Электродвигатель отключается. Напряжение бортсети через контакты выключателя *SB5* подается на обмотку реле *K15*, которое повторно размыкает цепь обмотки контактора *K13*. Напряжение бортсети через выключатель *SB1* подается на сигнальное табло, которое в этом случае горит постоянно.

Уборка предкрылков при совмещенном управлении происходит после уборки закрылков и переключении концевого выключателя *SB7* механизма МКВ-45, который переключается после уборки закрылков на угол менее 14°. При уборке закрылков срабатывают реле *K23*, *K23'* (питание на них подается с блока 6Ц.254-4) и отключают цепь блокировки реле *K25* и *K26*, которые, отключаясь, своими контактами (нормально замкнутыми) подготавливают цепь на уборку предкрылков.

Питание через нормально замкнутые контакты реле *K25* и *K26*, контакты выключателя *SB7* механизма МКВ-45 подается на вывод 10 механизма МКВ-40А. При ручном управлении и установке переключателя *SA4* в положение УБОРКА напряжение бортсети подается через выключатель *SB19*, переключатель *SA4* на вывод 10 механизма МКВ-40А.

В дальнейшем схема работает одинаково как при ручном, так и при автоматическом управлении. Напряжение бортсети через контакты концевого выключателя *SB3* механизма МКВ-40А поступает на обмотку контактора ТКД133ДОД (*K17*). Он, срабатывая, подготавливает работу электродвигателя на уборку предкрылков. Одновременно через нормально замкнутые контакты контактора *K16*, контакты контактора *K17* и нормально замкнутые контакты реле *K15* питание подается на вывод 9 коробки КЗД-3 и с ее вывода 8 через нормально замкнутые контакты реле *K15* на обмотку контактора *K13*. Этот контактор включает электродвигатель на сеть. Через 0,1—0,6 с напряжение бортсети с вывода 10 коробки КЗД-3 поступает на обмотки реле *K24* и *K20*. Реле *K24*, срабаты-

вая, включает электромагнитную муфту, и происходит уборка предкрылков. Отключается электромеханизм выключателем СВЗ механизма МКВ-40А. Реле К20 включает датчик импульсов ДИ-1 включения сигнального табло в режим мигания. После уборки предкрылков сигнальное табло отключается.

Таким образом при выпуске и уборке предкрылков сигнальное табло ТС-1 мигает, при выпущенном положении горит постоянно, а при убранных не горит. Схемой предусмотрены проверка исправности сигнального табло и переключение яркости.

Электромеханизм ЭПВ-8П установлен на угловом редукторе правой ветви трансмиссии в районе нервюр № 3—4. Механизм концевых выключателей МКВ-40А установлен в левом крыле на валу трансмиссии предкрылков. Коробки КЗД-3 установлены под полом в районе шпангоутов № 42—43.

Работа электромеханизма ЭПВ-8П проверяется по той же методике, что и при проверке электромеханизма МУС-ЗПТВ, но при проверке одного электродвигателя потребляемый ток не должен превышать 3,8 А, время перемещения предкрылков из одного крайнего положения в другое — не более 30 с. При работе двух электродвигателей ток, потребляемый электромеханизмом, не должен превышать 7,6 А, время перемещения предкрылков из одного крайнего положения в другое должно быть не более 15 с.

**Особенности схемы управления предкрылками на самолете Ту-154М.** В комплект системы управления предкрылками входят два механизма МКВ-41, механизм МКВ-42 и блок управления БУ-2А для автоматической синхронизации.

При рассогласовании правых и левых предкрылков в совмещенном режиме управления закрылками, предкрылками и стабилизатором система управления предкрылками автоматически включается в режим синхронизации, при этом загорается светосигнальное табло РАССИНХР. ПРЕДКРЫЛ., расположенное на средней приборной доске пилотов. Неисправность в элементах канала синхронизации при исправной кинематике предкрылков в совмещенном режиме управления закрылками, предкрылками и стабилизатором контролируется по светосигнальной лампе НЕИСПРАВНОСТЬ КАНАЛА СИНХРОН. ПРЕКР., расположенной на щитке сигнализации над левой панелью АЗС на левом борту между шпангоутами № 7. 8.

Работа блока управления БУ-2А при рассогласовании правых и левых предкрылков аналогична работе, как и при рассинхронизации закрылков на самолете Ту-134А, при этом исправный предкрылок перемещается до положения неисправного, т. е. пока не наступит равновесия моста, составленного потенциометрами механизма МКВ-42А 2-й серии и МКВ-41.

**Управление интерцепторами на самолете Ту-154Б.** На каждой половине крыла этого самолета установлено по три интерцептора: внутренний, средний и внешний (элерон-интерцептор). Элерон-ин-

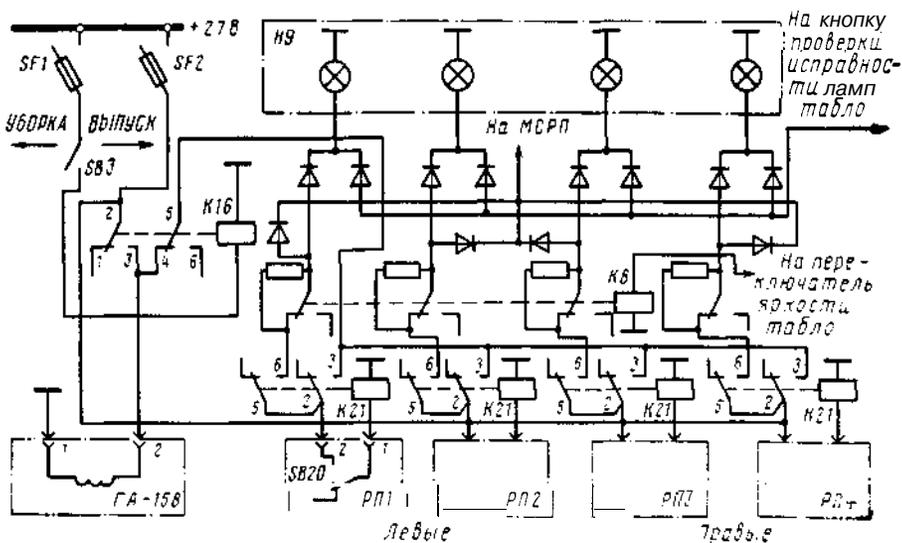


Рис. 8.13. Функциональная электрическая схема управления средними интерцепторами на самолете Ту-154В

терцепторы предназначены для поперечного управления самолетом совместно с элеронами. Углы отклонения внутренних интерцепторов вверх  $50 \pm 1^\circ$ , а средних  $45 \pm 1^\circ$ .

Средние интерцепторы используются в качестве воздушных тормозов в полете при нормальном и экстренном снижении, а также для торможения на земле при пробеге. Конструктивно средние интерцепторы выполнены в виде четырех секций (двух правых и двух левых), которые расположены в верхней хвостовой части крыла над внешними секциями закрылков и отклоняются только вверх. Внутренние интерцепторы предназначены для торможения самолета на пробеге при посадке; конструктивно выполнены из одной секции на каждой плоскости крыла. Продолжительность выпуска и уборки средних интерцепторов не более 1,1 с, а внутренних не более 2 с.

Средними интерцепторами управляют рукояткой, расположенной на среднем пульте пилотов. Для выпуска средних интерцепторов переводят рукоятку до упора в положение ВЫПУСК и убеждаются, что она зафиксирована.

При установке рукоятки управления в положение ВЫПУСК срабатывает концевой выключатель (рис. 8.13) А812В (SB3). Напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (SF1), выключатель SB3 поступает на обмотку реле ТКЕ22П1Г (K16) управления интерцепторами, которое, срабатывая, подает напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (SF2), контакты 2—3 реле K16 на вывод 2 электромагнитного крана ГА-158 гидравличес-

ского питания рулевых приводов РП-59. Кран ГА-158 представляет собой гидравлический двухпозиционный распределитель с электромагнитным управлением. Кран состоит из электромагнитного клапанного датчика и золотника, управляемого датчиком и осуществляющего переключение потока жидкости. Шариковый клапан датчика управляется электромагнитом. В рулевом приводе вал золотника, связанный кинематически с рукояткой управления, поворачивается, открывая доступ рабочей жидкости в одну из полостей цилиндров четырех рулевых приводов РП-59 РП1—РП4. При достижении средними интерцепторами угла  $45^\circ$  золотник перекрывает доступ рабочей жидкости. Выпуск средних интерцепторов прекращается. При снятии средних интерцепторов с фиксирующих замков срабатывают концевые выключатели SB20 во всех рулевых приводах, которые замыкают цепь четырех обмоток реле ТКЕ22П1Г (K21) сигнализации открытия замков средних интерцепторов. Эти реле, сработав, через свои контакты 5—6 подают напряжение на табло сигнализации ЗАМКИ ИНТЕРЦЕПТОРОВ ОТКРЫТЫ (лампы желтые).

Средние интерцепторы убираются при установке рукоятки управления в положение УБОРКА, при этом срабатывает концевой выключатель SB3 разрывающий цепь питания реле K16. Однако кран ГА-158 будет открыт и находится под ТОКОМ по цепи: плюс бортсети, автомат SF2, контакты 2—3 всех реле K21, контакты 5—4 реле K16, вывод 2 крана ГА-158.

При перемещении рукоятки управления в положение УБОРКА в рулевом приводе РП-59 золотник открывает доступ рабочей жидкости в полость цилиндра уборки интерцепторов. Средние интерцепторы убираются. При установке интерцепторов в убранное положение срабатывают концевые выключатели SB20 во всех рулевых приводах, которые отключают цепи питания четырех реле K21. Табло гаснет. Прекращается подача питания на кран ГА-158.

При самопроизвольном выпуске интерцепторов замыкаются концевые выключатели SB20 в рулевом приводе РП-59 и напряжение бортсети поступает на обмотку реле K21, которое, сработав, через свои контакты 2—3 и контакты 5—4 реле K16 замыкает цепь питания ГА-158. Интерцепторы убираются.

Внутренними интерцепторами пилот управляет по двум независимым каналам: поворотом рычага реверса тяги первого и третьего двигателей из выключенного положения на угол  $\geq 70^\circ \pm 10'$ ; кнопкой КИР (рис 8.14), расположенной на рукоятке управления средними интерцепторами.

Выпуск внутренних интерцепторов от кнопки возможен только при положении ВЫПУСК рукоятки управления средними интерцепторами. Интерцепторы убираются при установке рукоятки управления средними интерцепторами в положение УБОРКА и отключенном реверсе первого и третьего двигателей.

При установке рукоятки управления средними интерцепторами в положение ВЫПУСК срабатывает концевой выключатель SB3. После нажатия кнопки КНР выпуска внутренних интерцепторов срабатывают реле K12 и K26 и самоблокируются через контакты

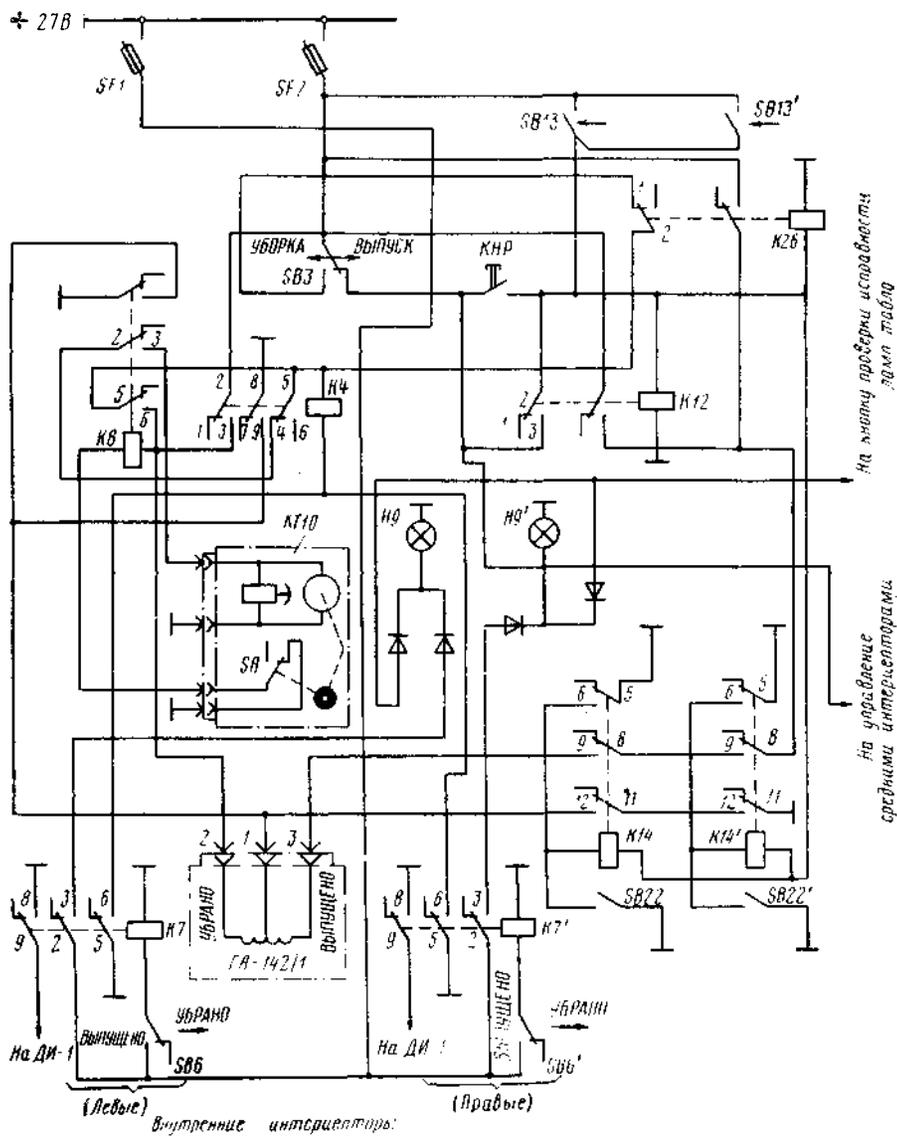


Рис. 8.14. Функциональная электрическая схема управления внутренними интерцепторами на самолете Ту-154Б

3—2 реле *K12*. Реле *K26* контактами 1—2 размыкает цепь уборки и подготавливает цепь выпуска внутренних интерцепторов.

После обжатия основных стоек шасси срабатывают концевые выключатели АМ800К (*SB22*, *SB22'*) и подключают минус бортсети на обмотки двух реле ТКЕ24П1Г (*K14*, *K14'*), которые, срабатывая, блокируются по цепи минуса через свои контакты 5—6, чтобы не отключался гидрокран при продольной раскатке самолета, а через контакты 8—9 реле *K14*, *K14'* подается напряжение бортсети на обмотку гидравлического крана ГА-142/1 и происходит выпуск интерцепторов.

Кран ГА-142/1 представляет собой гидравлический трехпозиционный распределитель с электромагнитным управлением. Кран состоит из двух электромагнитных датчиков и распределительного золотника, размещенных в одном корпусе. Включение и выключение электромагнита вызывают перемещение золотника, управляющего потоком жидкости. Шариковые датчики управляют подачей жидкости в полости правого и левого поршней, сообщая их с давлением или сливом.

Схема обеспечивает и автоматический выпуск внутренних интерцепторов на земле при установке рукоятки управления реверсом в положение  $\geq 70^\circ$ . При этом срабатывают концевые выключатели *SB13*, *SB13'*, и напряжение бортсети подводится к обмоткам реле *K12* и *K26*, обеспечивая включение крана ГА-142/1 на выпуск интерцепторов без перемещения рукоятки управления интерцепторами на выпуск и нажатия кнопки КНР.

При снятии внутренних интерцепторов с замка замыкают контакты концевые выключатели АМ800К (*SB6*, *SB6'*), и плюс бортсети через автомат защиты АЗСГК-2 (*SF1*) поступает на реле *K7*, *K7'*. Реле *K7*, *K7'*, срабатывая, контактами 2—3 включают желтые лампы *H9*, *H9'* сигнализации открытия замка интерцепторов.

При срабатывании реле *K7*, *K7'* минус бортсети через контакты 8—9 замыкается на обмотку реле включения датчика импульсов ДИ-1, который включает табло К ВЗЛЕТУ НЕ ГОТОВ, а через контакты 5—6 замыкается на обмотку реле ТКЕ24П1Г (*K4*) управления уборкой внутренних интерцепторов.

При установке рукоятки управления средними интерцепторами в положение УБОРКА концевой выключатель *SB3* переключает свои контакты, и напряжение бортсети через контакты 1—2 реле *K26* поступает на реле *K4* управления уборкой внутренних интерцепторов. Реле *K4* срабатывает, напряжение бортсети через свои контакты 2—3 подает на обмотку крана ГА-142/1, и внутренние интерцепторы убираются.

Напряжение бортсети через автомат *SF2*, контакты 2—3 реле *K4* поступает на обмотку реле ТКЕ24П1Г (*K8*) и через концевой выключатель *SB* реле времени ЭМРВ-27Б-1 (*KT10*) — на минус. Реле *K8*, срабатывая, подает напряжение бортсети через автомат *SF2*, концевой выключатель *SB3*, контакты 1—2 реле *K26*, контак-

ты 5—6 реле  $K8$  на ГА-142/1. После уборки интерцепторов концевые выключатели  $SB6, SB6'$  размыкают контакты. При этом отключается реле  $K7, K7'$  и выключается реле  $K4$ , но ГА-142/1 не отключается. Напряжение бортсети через контакты 5—4 реле  $K4$ , контакты 2—3 реле  $K8$  поступает на реле времени  $KT10$ , которое начинает отсчет. Через 5 с переключается его концевой выключатель  $SB$ . Он отключает минус от обмотки реле  $K8$ , которое отключается и контактами 5—6 размыкает цепь питания гидрокрана ГА-142/1. Дополнительное время питания этого крана необходимо для более плотного поджатая интерцепторов и установки их на замок после уборки.

При самопроизвольном выпуске интерцепторов замыкаются выключатели  $SB6, SB6'$ , при этом срабатывают реле  $K7, K7'$  и минус бортсети замыкается на обмотку реле  $K4$ , которое, срабатывая, включает кран ГА-142/1 на уборку внутренних интерцепторов. Одновременно загораются лампы  $H9, H9'$ .

На самолете Ту-154М в системе управления средними интерцепторами установлено реле давления ИКДРДФ-0,016-0,005-3, которое при скорости полета более 100 км/ч, установке рычагов управления двигателями в положение малый газ и обжиги основных стоек шасси выдает сигнал на автоматический выпуск средних интерцепторов. При уменьшении скорости самолета (до 100 км/ч) и выключении реверса тяги двигателей № 1, 3 реле давления выдает сигнал на уборку средних интерцепторов.

**Управление стабилизатором.** На самолетах устанавливают переставной стабилизатор, увеличивающий эксплуатационные центровки на всех режимах полета. Углы установки стабилизатора по индикатору на самолете Ту-154Б зависят от положения переключателя задатчика центровки стабилизатора, который имеет три положения: П — передняя центровка, С — средняя центровка, З — задняя центровка (табл. 8.4). Угол отклонения стабилизатора отличается от показания индикатора на минус  $1^{\circ}30'$ . Положение стабилизатора контролируют по индикатору ИП21-02.

В систему управления стабилизатором (рис. 8.15) на самолете Ту-154Б входят:

электромеханизм МУС-ЗПТВ, предназначенный для перестановки стабилизатора;

Таблица 8.4 Углы отклонения стабилизатора в зависимости от углов отклонения закрылков и положения задатчика центровки стабилизатора

Угол отклонения закрылков,	Согласованные положения стабилизатора, (по указателю) при положении задатчика стабилизатора		
	П	С	З
0	0	0	0
28	3	1,5	0
45	5,5	3	0

две коробки защиты двигателя КЗД-3;

два механизма концевых выключателей МКВ-40А, служащие для отключения электромеханизмов МУС-3ПТВ в крайних положениях стабилизатора и приведения в действие датчика;

механизмы МКВ-45 и МКВ-43 2-й серии управления закрылками (из комплекта системы СПЗ-1А);

аппаратура управления и сигнализации.

Режим управления стабилизатором (автоматический или ручной) определяется положением колпачка переключателя 2ППНТК (SA3) ручного управления. Колпачок кинематически связан с концевым выключателем А812В (SB21). При закрытом колпачке контакты выключателя SB21 замыкают цепь управления электромеханизмом через концевые выключатели МКВ-43 системы управления закрылками, обеспечивая автоматическую перестановку стабилизатора, если рукоятка управления закрылками механизма МКВ-43 установлена на угол более 5°.

Схема управления одним электродвигателем работает следующим образом. При открытом колпачке переключателя SA3 концевой выключатель SB21 переключает контакты, цепь автоматического управления размыкается, и напряжение бортсети через эти контакты поступает на переключатель SA3 ручного управления стабилизатором.

Перестановка стабилизатора во взлетное положение, при установке переключателя задатчика центровки 2ППВН (SA30) в положение П в автоматическом режиме (колпачок закрыт, переключатель ручного управления находится в нейтральном положении) осуществляется таким образом. При выпуске закрылков питание с блока БЦ.254-4 подается на обмотку реле ТКЕ56ПОДГ (K22), при срабатывании которого питание через контакты реле K22 и нормально замкнутые контакты реле уборки закрылков ТКЕ56ПОДГ (K23) подается на обмотку реле ТКЕ54ПОДГ (K27). Так как реле K22 после выпуска закрылков отключается, то реле K27, срабатывая, блокируется через нормально замкнутые контакты 1—2 реле ТКЕ52ПОДГ (K26) и свои контакты 2—3.

Напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-2, нормально замкнутые контакты концевого выключателя SB21, выводы 13, 14 механизма МКВ-43 управления закрылками, контакты переключателя SA30, контакты выключателя SB5 механизма МКВ-40А (7), контакты 8—9 реле K27, контакты выключателя SB1 механизма МКВ-40А (7) подается на обмотку контактора ТКД233ДОД (K4), при срабатывании которого питание через контакты контактора ТКД233ДОД (K5), нормально замкнутые контакты реле ТКЕ22П1Г (K14) подается на вывод 9 коробки защиты КЗД-3 и с вывода 8 через нормально замкнутые контакты реле K14 — на включение контактора ТКД203ДОД (K15).

Через 0,1—0,6 с напряжение бортсети с вывода 10 коробки защиты при исправных цепях всех трех фаз электродвигателя посту-



пает на обмотку реле *K8*. Срабатывая, реле *K8* включает муфту сцепления-торможения, и одновременно минус бортсети подается на обмотку реле ТКЕ22П1Г (*K32*), которое, срабатывая, включает датчик импульсов ДИ-1, а он, в свою очередь, включает сигнальное габло ТС-1 (*H20*) с зеленым светофильтром СТАБИЛИЗАТОР ВКЛЮЧЕН в режим мигания.

При достижении стабилизатором угла  $3^\circ$  срабатывает выключатель *SB5* в механизме МКВ-40А, при этом рвется цепь переключки стабилизатора на КАБРИРОВАНИЕ, отключается коробка КЗД-3 и контактор *K4*, а контактор отключает электродвигатель. При обесточивании коробки защиты отключается реле *K8*, электромагнитная муфта сцепления-торможения и реле *K32*, которое отключает сигнальное габло.

Напряжение бортсети через контакты выключателя *SB5* механизма МКВ-40А, нормально замкнутые контакты 2—1 реле ТКЕ52ПОДГ (*K25*), контакты выключателя *SB1* механизма МКВ-45 подается на обмотку реле *K14*. Реле, срабатывая, размыкает цепь питания обмотки контактора *K15*. Он отключается и повторно размыкает цепь питания электродвигателя. Аналогично включается и отключается второй электродвигатель.

Перестановка стабилизатора в посадочное положение в автоматическом режиме происходит только при углах отклонения закрылков не менее  $31^\circ$ . При отклонении закрылков на угол более  $31^\circ$  срабатывает выключатель *SB1* механизма МКВ-45 и питание через контакты срабатанного выключателя *SB5* механизма МКВ-40А, контакты 5—6 реле *K27*, контакты срабатанного выключателя *SB1* механизма МКВ-45, контакты переключателя *SA30*, в положении П, контакты выключателя *SB1* механизма МКВ-40А подается на обмотку контактора *K4*. Дальнейшее включение питания происходит аналогично включению питания при перестановке стабилизатора во взлетное положение. При достижении стабилизатором посадочного угла минус  $5^\circ30'$  выключатель *SB1* переключает контакты и выдает сигнал на отключение электродвигателя.

При установке задатчика стабилизатора в положение С управление стабилизатором происходит по следующей цепи: концевой выключатель *SB21*, выводы 13—14 механизма МКВ-43, контакты переключателя *SA30* в положении С, контакты выключателя *SB5* механизма МКВ-40А (29), контакты 11—12 реле *K27*, контакты выключателя *SB1* механизма МКВ-40А (29), контакты выключателя *SB1* механизма МКВ-40А (7), обмотка контактора *K4* (реле *K22* и *K27* включаются по сигналу выпуска закрылков). Дальнейшая работа схемы происходит аналогично, как и при установке переключателя *SA30* в положение П.

При достижении стабилизатором угла  $1,5^\circ$  срабатывает выключатель *SB5* механизма 29. При этом питание через нормально замкнутые контакты 2—1 реле *K25* и контакты выключателя *SB1*

механизма МКВ-45 (11) подается на обмотку реле *K14*. Реле *K14*, срабатывая, отключает цепь переключки стабилизатора и стабилизатор останавливается. Если закрылки остановлены в положении  $<31^\circ$ , то стабилизатор остается в положении  $1,5^\circ$ . При дальнейшем выпуске закрылков более  $31^\circ$ , формируется цепь переключки стабилизатора в положение  $3^\circ$ . Питание через переключатель *SA30* в положении С, контакты выключателя *SB5* механизма МКВ-40А (29), контакты 2—1 реле *K25*, контакты выключателя *SB1* механизма МКВ-45 (11), контакты переключателя *SA30* в положении С, контакты выключателя *SB1* механизма 29, контакты выключателя *SB1* механизма 7 подается на обмотку контактора *KD4*. Дальнейшая работа схемы происходит аналогично, как и при установке переключателя в положении П.

При достижении стабилизатором угла  $3^\circ$  срабатывает выключатель *SB1* механизма 29, при этом включается реле *K14*, обесточивающее цепь переключки стабилизатора, и стабилизатор останавливается. При установке задатчика в положение 3 стабилизатор на всех режимах работы остается в полетном положении. Перестановка стабилизатора из взлетно-посадочного положения в полетное, в автоматическом режиме, происходит по сигналу уборки закрылков.

По сигналу уборки закрылков включается реле ТКЕ56ПОДГ (*K23*). При этом питание бортсети через нормально замкнутые контакты реле *K22*, контакты реле *K23*, контакты выключателя *SB5* механизма МКВ-45 (//) (который срабатывает при выпуске закрылков на угол более  $44^\circ$  и отключает цепь включения реле *K26* и *K25*, т. е. управление стабилизатором будет отключено, пока угол выпуска закрылков не уменьшится до  $44^\circ$ ) подается на обмотки реле ТКЕ52ПОДГ (*K26* и *K25*), которые, срабатывая, блокируются через нормально замкнутые контакты 1—2 реле *K27* и контакты 2—3 реле *K26*. Реле *K23* после уборки закрылками отключается. При установке рукоятки управления закрылками МКВ-43 в положение  $28^\circ$  и нахождении задатчика в положении П включение электромеханизма на перестановку стабилизатора из положения  $5,5^\circ$  в положение  $3^\circ$  происходит по цепи: автомат защиты АЗСГК-2, контакты концевого выключателя *SB21*, выводы 13—14 механизма МКВ-43 (4), контакты переключателя *SA30* в положении П, контакты выключателя *SB5* механизма 7, контакты 2—3 реле *K25*, контакты выключателя *SB3* механизма МКВ-40А, обмотка контактора *K5*, который, переключая фазы, осуществляет реверс электродвигателя. Дальнейшая работа схемы аналогична, как и при перестановке стабилизатора во взлетное положение.

При достижении стабилизатором угла  $3^\circ$  срабатывает выключатель *SB5* механизма 7, отключая цепь переключки стабилизатора, и включает реле *K14*. Стабилизатор останавливается. При установке рукоятки управления закрылками в положение  $28^\circ$  и нахождении задатчика в положении С включение МУС-3ПТВ на

перестановку стабилизатора из положения  $3^\circ$  в положение  $1,5^\circ$  происходит по следующим электрическим цепям: напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-2, контакты концевого выключателя *SB21*, выводы *13—14* механизма МКВ-43, контакты переключателя *SA30* в положении С, контакты выключателя *SB5* механизма 29, контакты *2—3* реле *K25*, контакты выключателя *SB3* механизма 7 подается на обмотку контактора *K5* ПИКИРОВАНИЕ. Дальнейшая работа схемы аналогична, как и при перестановке стабилизатора по взлетное положение.

При отклонении стабилизатора на угол  $1,5^\circ$  срабатывает выключатель *SB5* механизма 29 и подается питание на реле *K14*, стабилизатор останавливается. При установке рукоятки управления закрылками в положение  $0^\circ$  срабатывает выключатель в механизме МКВ-43. При достижении закрылками  $25^\circ$  срабатывает выключатель *SB3* в механизме МКВ-45 и начинается перестановка стабилизатора в полетное положение  $0^\circ$  по следующей цепи: напряжение бортсети, автомат защиты АЗСГК-2, контакты концевого выключателя *SB21*, выводы *13—15* механизма МКВ-43, контакты выключателя *SB3* механизма МКВ-45 (//), контакты выключателя *SB3* механизма МКВ-40А (7), обмотка контактора *K5*. Дальнейшая работа схемы аналогична, как и при перестановке стабилизатора во взлетное положение.

При установке стабилизатора в полетное положение  $0^\circ$  срабатывает выключатель *SB3* механизма МКВ-40А (7) и выдает сигнал на отключение питания электродвигателя. Стабилизатор останавливается. Управление стабилизатором в ручном режиме (колпачок переключателя открыт) производится при перестановке переключателя ручного управления *SA3* в положение КАБРИРОВАНИЕ или ПИКИРОВАНИЕ. При установке переключателя *SA3* в положение КАБРИРОВАНИЕ напряжение бортсети через переключатель *SA3*, выключатель *SB1* механизма 7 поступает на обмотку контактора *K4*. Далее система работает, как и при автоматическому управлению.

При установке переключателя *SA3* в положение ПИКИРОВАНИЕ напряжение бортсети через этот переключатель и выключатель *SB3* механизма 7 подводится на обмотку контактора *K5*. Далее схема работает аналогично, как и при автоматическом управлении. Для остановки стабилизатора в промежуточном положении переключатель *SA3* устанавливают в нейтральное положение. Положение стабилизатора контролируют по указателю ИП21-02.

Электромеханизм МУС-ЗПТВ и механизмы концевых выключателей МКВ-40А установлены в киле. Коробки защиты электродвигателей КЗД-3 установлены справа и слева на шпангоуте № 65. Коммутационная аппаратура установлена в РК стабилизатора.

Проверку работы электромеханизма МУС-ЗПТВ выполняют в такой последовательности. Перед началом проверки необходимо убедиться, что переключатель управления стабилизатором на козырьке средней приборной доски стоит в нейтральном положении.

ральном положении, автоматы защиты АЗСГК-2 в цепи управления и АЗФ1-2 УКАЗАТЕЛЬ СТАБИЛИЗАТОРА включены; стрелка указателя ИП-21-02 находится на отметке шкалы  $0^\circ \pm 10'$ .

Вначале проверяют работу электромеханизма при включенном электродвигателе № 1, для чего отключают автомат ЛЗСГК-2 СТАБИЛ. МОТОР X» 2 на левой панели АЗС, устанавливают переключатели 2ПНТК управления стабилизатором в положение КАБРИРОВАНИЕ и одновременно включают секундомер. При этом должен включиться в работу электромеханизм и переставить стабилизатор в крайнее нижнее положение по рискам на киле. После перестановки стабилизатора электромеханизм должен автоматически отключиться. Во время работы электродвигателя по амперметру АФ1-150 на шитке контроля энергетике проверяют значение переменного тока, потребляемого электродвигателем по каждой фазе (ток должен быть не более 6,5 А). В момент окончания работы механизма отключают секундомер и определяют положение стабилизатора по указателю ИП-21-02.

Затем переключатели управления стабилизатором ставят в положение ПИКИРОВАНИЕ и одновременно включают секундомер. При этом должен включиться в работу электромеханизм и переставить стабилизатор в крайнее верхнее положение. Ток, потребляемый электродвигателем по каждой фазе, не должен превышать 6,5 А. В момент окончания работы электромеханизма секундомер отключают.

Время перестановки стабилизатора из одного крайнего положения в другое при работе одного электродвигателя должно быть не более 55 с.

После этого проверяют работу электромеханизма при включенном электродвигателе № 2, для чего включают АЗСГК-2 СТАБИЛ. МОТОР № 2 на левой панели АЗС и отключают АЗСГК-2 СТАБИЛ. МОТОР № 1. Проверку выполняют аналогично проверке электромеханизма при включенном электродвигателе X» 1. Затем проверяют работу электромеханизма при одновременной работе электродвигателей № 1 и 2, для чего на левой панели АЗС включают два АЗСГК-2 СТАБИЛ. МОТОР № 1 и СТАБИЛ. МОТОР № 2. Дальнейшая проверка аналогична проверке работы механизма при работающем одном электродвигателе. Ток, потребляемый двумя электродвигателями по каждой фазе, не должен превышать 13 А. Время перестановки стабилизатора из одного крайнего положения в другое должно быть не более 27,5 с.

Управление стабилизатором на самолете Ту-134А (рис. 8.16) выполняет система управления стабилизатором. В ее состав входят следующие агрегаты:

электромеханизм МУС-7А, предназначенный для приведения в действие системы управления стабилизатором. Этот электромеханизм по устройству и принципу работы аналогичен электромеханизму МПЗ-18А-5, но здесь установлены два электродвигателя Д-600ГВ, реверс которых осуществляется за счет изменения направления тока в обмотке якоря, а обмотка муфты сцепления-торможения включена параллельно обмотке якоря;

механизм конечных выключателей МКВ-38, отключающий электромеханизм МУС-7А в крайних положениях стабилизатора и приводящий в действие датчик указателя положения стабилизатора; аппаратура управления и сигнализации.

Управление стабилизатором может осуществляться первым или вторым пилотом с помощью переключателей 2ПНГ-15 (SA1, SA6). Схема при работе одного электродвигателя функционирует так. При установке переключателей SA1 или SA6 в положение КАБРИРОВАНИЕ питание через АЗС-5, переключатель SA1 или SA6,

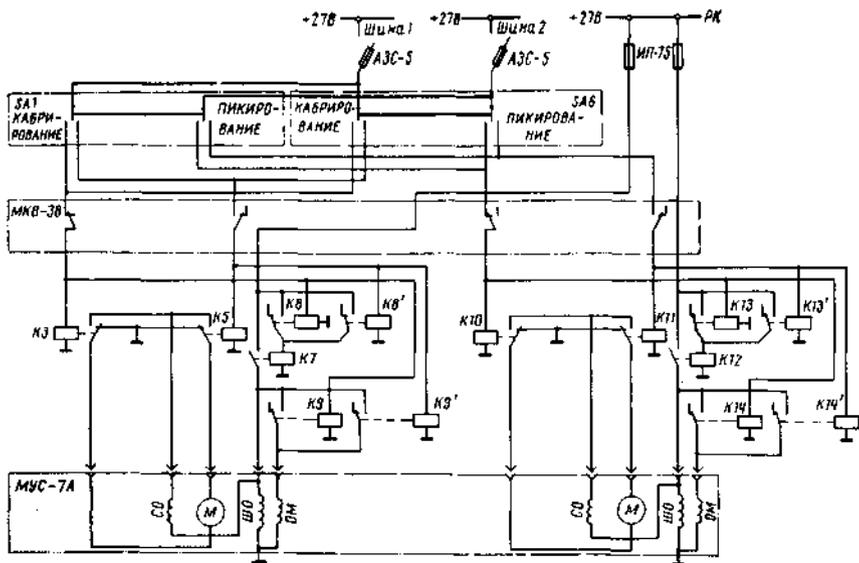


Рис. 8.16. Функциональная электрическая схема управления стабилизатором на самолете Ту-134А

контакты концевых выключателей механизма МКВ-38 подается на обмотки контактора ТКД511ДТ ( $K3$ ), реле ТВЕ101Б ( $K8$ ) и ТКЕ52ПД ( $K9$ ).

Реле  $K8$ , срабатывая, подает напряжение на обмотку контактора ТКД501Д ( $K7$ ), который включает шунтовую обмотку (ШО) возбуждения электродвигателя М № 1, серийную обмотку (СО) и обмотку якоря через контакты контактора  $K3$ . Реле  $K9$ , срабатывая, включает обмотку  $OM$  электромагнитной муфты сцепления-торможения. Аналогично включается электродвигатель М № 2. Вращение от электродвигателей через дифференциальную передачу передается на выходной вал механизма МУС-7А, от выходного вала через карданный узел на винт подъемника стабилизатора и далее на стабилизатор.

При установке переключателей  $SA1$  или  $SA6$  в положение ПИКИРОВАНИЕ напряжение бортсети через АЗС-5, переключатель  $SA1$  или  $SA6$ , концевые выключатели механизма МКВ-38 поступает на обмотки контактора  $K5$  и реле  $K8'$ ,  $K9'$ . Контактор  $K5$ , срабатывая, осуществляет реверс электродвигателя. Реле  $K8'$ ,  $K9'$ , срабатывая, выдают сигнал на включение электродвигателя и электромагнитной муфты. Угол отклонения стабилизатора определяется по указателю УПС-1. Отключение электродвигателей в промежуточном положении стабилизатора происходит при прекращении нажатия на переключатель  $SA1$  или  $SA6$ , который возвраща-

ется к центральному положению. В крайних положениях стабилизатора электродвигатели включают концевые выключатели механизма МКВ-38, которые отключают цепь питания контакторов и реле, при этом отключаются электромагнитные муфты и обмотки электродвигателей.

Так как реле *K8*, *K8'* и *K13*, *K13'* имеет выдержку времени на отключение, то контакторы *K7* и *K12* некоторое время будут еще включены, давая питание обмоткам ШО электродвигателей, чем обеспечивается электродинамическое торможение, так как обмотки якорей электродвигателей накоротко замкнуты соответственно через контакты контакторов *K3*, *K5* и *K10*, *K11*. Цепи питания электродвигателей защищены предохранителями ИП-75.

Электромеханизм МУС-7А установлен между нервюрами № 13—14 киля. Механизм концевых выключателей МКВ-38 находится на подъемнике стабилизатора. Коммутационная аппаратура установлена в РК хвостового оперения. Проверку работы электро-механизма МУС-7А выполняют по той же методике, что и проверку электро-механизма МУС-ЗПТВ, но здесь при проверке одного электродвигателя потребляемый ток не должен превышать 20 А, время перестановки стабилизатора — не более 11 с, а при работе двух электродвигателей ток, потребляемый электро-механизмом, не должен превышать 40 А. Время перестановки стабилизатора не более 5,5 с.

**Управление загрузателями на самолете Ту-154Б.** Особенностью системы управления самолета Ту-154Б является бустерное управление всеми рулями без перехода на безбустерное (ручное) управление. Установленные в системах управления рулевые приводы, отклоняя рули, воспринимают всю нагрузку от аэродинамических шарнирных моментов, поэтому для имитации аэродинамической нагрузки на колонках штурвалов, штурвалах и педалях установлены пружинные загрузатели.

В системах управления рулями высоты и направления установлено по два пружинных загрузателя: по одному взлетно-посадочному загрузателю, которые постоянно включены, и по одному полетному загрузателю, которые включаются в полете. В системе управления элеронами установлен один постоянно включенный пружинный загрузатель.

В комплект системы управления загрузателями входят электро-механизмы: МП-100МГ-40 для управления полетным загрузателем руля высоты (РВ), МП-100М-36 для управления полетным загрузателем руля направления (РН), МП-ЮОМ-36 для управления механизмом триммерного эффекта элеронов, МП-100М-27 для управления механизмом триммерного эффекта руля направления. В эту схему входят также датчик импульсов ДИ-1, аппаратура управления и сигнализации.

Датчик импульсов ДИ-1 (рис. 8.17) предназначен для преобразования постоянного напряжения в пульсирующее, которое ис-

пользуется для мигающей световой сигнализации аварийных режимов полета.

### Основные технические данные датчика ДИ-1

Напряжение питания, В . . . . .	27
Ток нагрузки, А . . . . .	0,6
Частота следования импульсов, Гц . . . . .	$2,6 \pm 0,039$
Масса, кг . . . . .	0,4

Датчик представляет собой электронный ключ, собранный на транзисторах, и состоит из управляющего мультивибратора, усилителя мощности и дополнительного источника напряжения смещения.

Мультивибратор собран на транзисторах МП21Б ( $VT1$ ,  $VT2$ ). Положим, что в такой-то момент времени транзистор  $VT1$  открыт, а транзистор  $VT2$  закрыт. Конденсатор  $C1$  разряжается через резистор  $R6$  и транзистор  $VT1$ . На резисторе  $R6$  создается падение напряжения, которое плюсом приложено к базе транзистора  $VT2$ . Конденсатор  $C2$  заряжается по цепи: плюс бортсети, переход эмиттер—база транзистора  $VT1$ , резисторы  $R8$ ,  $R7$ ,  $R9$ , минус бортсети. После разряда конденсатора  $C1$  транзистор  $VT2$  начинает открываться и конденсатор  $C2$  разряжается через резистор  $R3$  и открытый транзистор  $VT2$ . На резисторе  $R3$  создается падение напряжения, плюсом приложенное на базу транзистора  $VT1$ , и он закрывается. Конденсатор  $C1$  начинает заряжаться по цепи: плюс бортсети, переход эмиттер—база транзистора  $VT2$ , конденсатор  $C1$ , резисторы  $R1$ ,  $R9$ , минус бортсети. В дальнейшем процесс работы

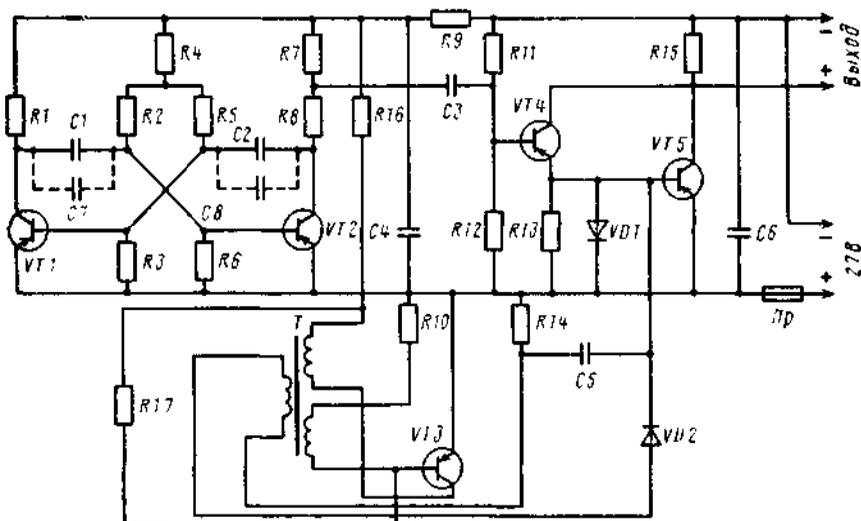


Рис. 8.17. Принципиальная электрическая схема датчика импульсов ДИ-1

повторяется. Импульсы отрицательной полярности через конденсатор *C3* поступают на вход усилителя, который работает в режиме ключа и собран на транзисторах П214А (*VT4*, *VT5*). Нагрузкой усилителя являются сигнальные лампы. Они будут мигать.

Для обеспечения температурной стабилизации работы выходного транзистора *VT5* на его базу подается небольшое закрывающее напряжение от дополнительного источника смещения. Этот источник представляет собой генератор с трансформаторной обратной связью на транзисторе МП26Б (*VT3*). В момент включения датчика импульсов через транзистор *VT3*, обмотку трансформатора, включенную в цепь коллектора, и резистор *R16* протекает ток. В сердечнике трансформатора возникает магнитный поток. Поток, пересекая нитки обмотки обратной связи, наводит ЭДС, минусом приложенную к базе транзистора *VT3*, и этот транзистор еще больше открывается. Такой процесс протекает лавинообразно до насыщения транзистора или сердечника трансформатора. В момент насыщения ЭДС обратной связи равна нулю, транзистор *VT3* начинает закрываться, магнитный поток в сердечнике трансформатора уменьшается, в обмотке обратной связи индуцируется ЭДС, плюсом приложенная к базе транзистора *VT3*. Он закрывается еще больше. В дальнейшем процесс работы повторяется. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора выпрямляется диодом Д223 (*VD2*) и поступает на базу транзистора *VT5* для температурной стабилизации.

Электрическая схема управления механизмами включения полетных загрузателей (рис. 8.18) работает следующим образом. Для управления механизмами включения полетных загрузателей руля высоты и руля направления используются электромеханизмы МП-100МТ-40 (10) и МП-100М-36 (7).

Управление электромеханизмами осуществляется автоматически или вручную в зависимости от положения переключателя ЗИПНТ-К (*SA6*) (АВТОМАТ - ВЗЛЕТ-ПОСАДКА — ПОЛЕТ).

В положении АВТОМАТ (нейтральное положение переключателя) обеспечивается работа схемы в режиме автоматического включения и отключения полетных загрузателей. В этом случае с помощью реле ТКЕ52ПЮДГ (*K26*, *K21*) осуществляется автоматическое управление полетными загрузателями. При этом происходит включение полетного загрузателя в систему управления рулем высоты при уборке закрылков и рулем направления при разжатии левой стойки шасси или уборке закрылков, а отключение загрузателя руля высоты при выпуске закрылков и руля направления — при обжатии левой стойки или выпуске закрылков.

Перед взлетом переключатель *SA6* ставят в положение АВТОМАТ и закрывают предохранительным колпачком. После уборки закрылков срабатывает концевой выключатель механизма МКВ-41 2-й серии и замыкает минус бортсети на обмотку реле ТКЕ-26П1Г (*K37*), которое, срабатывая, подает минус бортсети через свои кон-

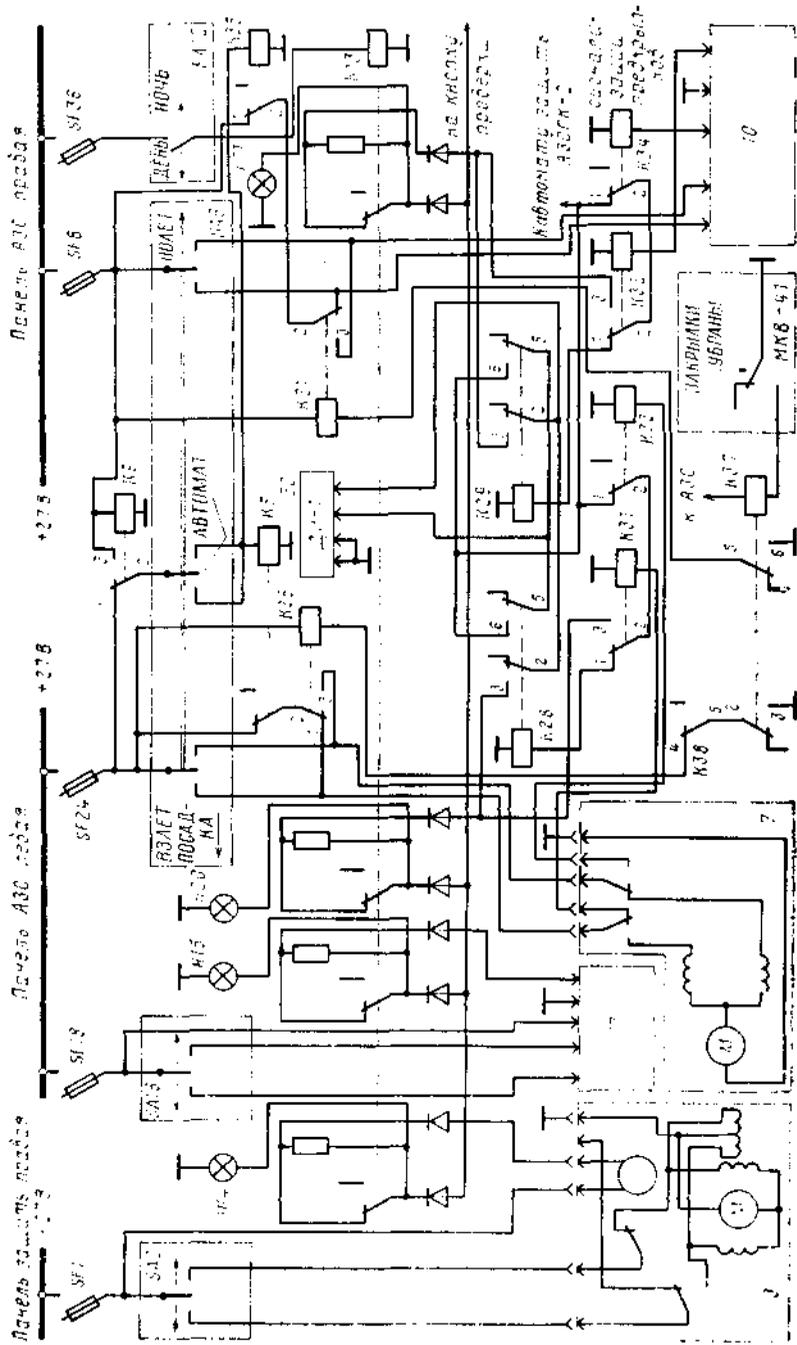


Рис. 8.18. Функциональная электрическая схема управления электр. механизмами включения полетных загрузочных на самолете Ту-154Б

такты 6—5 на обмотку реле *K21*. Реле *K21*, срабатывая, подключает напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (*SF8*), контакты 1—2 реле ТКЕ52ПОДГ (*K35*), контакты 2—3 реле *K21* на электромеханизм 10 включения полетного загрузателя руля высоты.

При уборке закрылков и разжатию основных стоек шасси отключается реле *K38* и минус бортсети через контакты 3—2 реле *K37*, контакты 5—4 реле *K38* замыкается на обмотку реле *K26*. Это реле, срабатывая, подает напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (*SF24*), контакты 1—2 реле ТКЕ52ПОДГ (*K5*), контакты 2—3 реле *K26* на электромеханизм 7 включения полетного загрузателя руля направления.

При выпуске закрылков отключается реле *K37*. Оно отключает реле *K21* и *K26*. При этом электромеханизмы 7 и 10 отключают полетные загрузатели руля высоты и руля направления. Полетные загрузатели можно включить или отключить вручную переключателем *SA6* при установке в положение ПОЛЕТ или ВЗЛЕТ — ПОСАДКА. При этом срабатывают реле *K5* и *K35* и отключают цепи автоматического управления, и напряжение бортсети через переключатель *SA6* поступает на электромеханизмы 7 и 10, которые включают или отключают полетные загрузатели.

Когда полетные загрузатели отключены, переключаются концевые выключатели в электромеханизмах 7 и 10 и подают напряжение бортсети на обмотки реле ТКЕ21ПОДГ (*K31*, *K32*), которые, срабатывая, контактами 2—3 включают сигнальные лампы *H20* и *H11*. При включении электромеханизмов переключаются концевые выключатели и отключают реле *K31*, *K32*. Эти реле подают напряжение бортсети через свои контакты 2—1 на обмотки реле ТКЕ22П1Г (*K28*, *K29*). Данные реле, срабатывая, контактами 6—5 включают датчик импульсов ДИ-1, а контактами 3—2 подключают сигнальные лампы *H20* и *H11* на выход датчика ДИ-1, и лампы мигают. Когда полетные загрузатели будут включены, в электромеханизмах 7 и 10 концевые выключатели переключатся и подадут напряжение бортсети на обмотки реле ТКЕ21ПОДГ (*K33*, *K34*). Они, срабатывая, отключат лампы *H20* и *H11* и датчик импульсов ДИ-1. Яркость свечения сигнальных ламп регулируют выключателем ВГ15К (*SA12*) НОЧЬ — ДЕНЬ, который управляет срабатыванием реле ТКЕ26П1Г (*K13*).

Схема управления электромеханизмом триммерного эффекта элеронов функционирует так. Триммирование усилий пружинного загрузателя элеронов осуществляется электромеханизмом МП-100М-36 (*I7*) при любом положении элеронов. Электромеханизмом *I7* управляют с помощью нажимного переключателя ПНГ-15К (*SA16*). При установке загрузателя в нейтральное положение загорается зеленое табло ТС-2 НЕЙТРАЛЬ КРЕН (*H15*). Яркость свечения табло регулируется с помощью выключателя

SA12. Питание на электромеханизм 17 триммерного эффекта элеронов поступает через автомат защиты АЗСГК-5 (SF18).

Триммирование усилий взлетно-посадочного пружинного загрузателя руля направления осуществляется электромеханизмом МП-ЮОМ-27 (3), управляемым с помощью переключателя ПНГ-15К (SA2). При установке загрузателя в нейтральное положение загорается зеленое табло НЕЙТРАЛ. КУРС (H14). Яркость свечения табло ТС-2 регулируется с помощью выключателя SA12. Питание на электромеханизм 3 поступает через автомат защиты АЗСГК-5 (SA1).

Проверку работоспособности электромеханизмов выполняют в такой последовательности:

проверяют, находится ли ручка переключателя управления полетными загрузателями в положении ВЗЛЕТ — ПОСАДКА. При этом должны гореть табло ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РВ и ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РН;

устанавливают ручку переключателя управления полетными загрузателями руля высоты и руля направления в положение АВТОМАТ (при полностью убранных закрылках и отключенном автомате АЗСГК-2 ОБЖАТИЕ ШАССИ в хвостовой распределительной коробке) или в положение ПОЛЕТ (при любом положении закрылков). При этом должны вступить в работу электромеханизмы 10 и 17 и мигать табло ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РВ и ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РН. В момент включения полетных загрузателей эти электромеханизмы должны отключаться, а табло погаснуть;

отклоняют колонку на себя (от себя). По мере отклонения колонки усилие на ней постепенно должно увеличиваться. При отклонении колонки от нейтрального положения на ход  $\pm (60-80)$  мм должен вступить в действие полетный загрузатель, что приводит к появлению на колонках управления значительных дополнительных усилий;

устанавливают колонку в нейтральное положение;

отклоняют вперед правую (левую) педаль. При отклонении педалей до 35 мм усилие на них должно возрастать плавно. При отклонении педалей более чем на 35 мм усилие на них должно резко возрастать;

ставят педали в нейтральное положение;

переводят ручку переключателя управления полетными загрузателями в положение ВЗЛЕТ — ПОСАДКА. При этом должны вступить в работу электромеханизмы 10 и 17. мигать табло ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РВ и ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РН и отключиться полетный загрузатель РВ через 21—31 с, а полетный загрузатель РН через 10—13 с (отключение полетных загрузателей определяется по загоранию табло ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РВ и ВЗЛЕТ — ПОСАДКА РН;

включают автомат защиты АЗСГК-2 ОБЖАТИЕ ШАССИ в хвостовой распределительной коробке.

Для проверки работоспособности электромеханизма МП-ЮОМ-27 (3) триммерного эффекта руля направления;

отключают полетный загрузатель РН, так как усилие полетного загрузателя не триммируется;

отклоняют правую (левую) педаль вперед. По мере отклонения педалей усилие на них должно возрастать;

ставят педали в нейтральное положение, ручку переключателя ПНГ-15К РУЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ в положение ПРАВ. Электромеханизм должен включиться в работу и отклонить правую педаль вперед;

переводят ручку переключателя ПНГ-15К в положение ЛЕВ. При этом электромеханизм 3 должен отклонить вперед левую педаль;

устанавливают ручку переключателя ПНГ-15К в положение ПРАВ. и проверяют время полной переключки электромеханизма, которое должно быть  $(10 \pm 2)$  с;

переводят с помощью переключателя ПНГ-15К педали в нейтральное положение. При этом должно загореться табло НЕЙТР. КУРС.

Для проверки работоспособности электромеханизма 17: поворачивают штурвал по (против) часовой стрелки. При вращении штурвала усилие на нем должно возрастать;

ставят штурвал в нейтральное положение, ручку переключателя ПНГ-15К ЭЛЕРОНЫ в положение ПРАВ. При этом должен включиться в работу электро-механизм и повернуть штурвалы по часовой стрелке;

переводят ручку переключателя ПНГ-15К ЭЛЕРОНЫ в положение ЛЕВ. Электромеханизм должен отклонить штурвалы против часовой стрелки;

устанавливают ручку переключателя ПНГ-15К ЭЛЕРОНЫ в положение ПРАВ., и проверяют время полной перекладки электро-механизма из одного крайнего положения в другое, которое должно быть  $(12 \pm 2)$  с;

устанавливают с помощью переключателя ПНГ-15К ЭЛЕРОНЫ штурвалы в нейтральное положение. При этом должно загореться табло НЕЙТР. КРЕН.

**Управление загрузчиками на самолете Ту-134А.** Для повышения безопасности полетов и облегчения управления на самолете Ту-134А применяют системы управления: триммером и триммирующим электро-механизмом руля направления, полетным загрузчиком руля направления, триммерами элеронов, триммерами руля высоты.

Для снятия нагрузки с руля применяется специальное устройство — триммер, который представляет собой подвижную поверхность, устанавливаемую в задней части руля. Триммер управляет положением руля. Он отклоняется в противоположную сторону отклонения руля и создает момент, компенсирующий шарнирный момент руля.

Руль направления имеет бустерное и безбустерное управление. При бустерном управлении, чтобы сохранить привычное для пилота «чувство руля», необходимо загружать педали специальным механизмом, имитирующим усилие на органах управления от шарнирных моментов.

Для имитации нагрузки на педали от руля направления при включенном гидроусилителе (бустере) на взлете включается взлетно-посадочный загрузчик, а в полете — полетный. При работе гидроусилителя на педали могут действовать от загрузчика такие усилия, как и при управлении самолетом без гидроусилителя, от шарнирных моментов, т. е. загрузчик имитирует наличие нагрузки на руле. В обычных условиях пилот с помощью триммера снимает нагрузку с руля.

При работе гидроусилителя возникающий эффект шарнирного момента (триммерный эффект) компенсируется триммированием загрузчика. Триммирование производится только взлетно-посадочного загрузчика.

*Схема управления триммером и триммирующим электро-механизмом руля направления* (рис. 8.19) работает следующим образом. Отклонение триммера руля направления выполняет электро-механизм МП-100МТ-36 (9), установленный на 1-м лонжероне крыла.

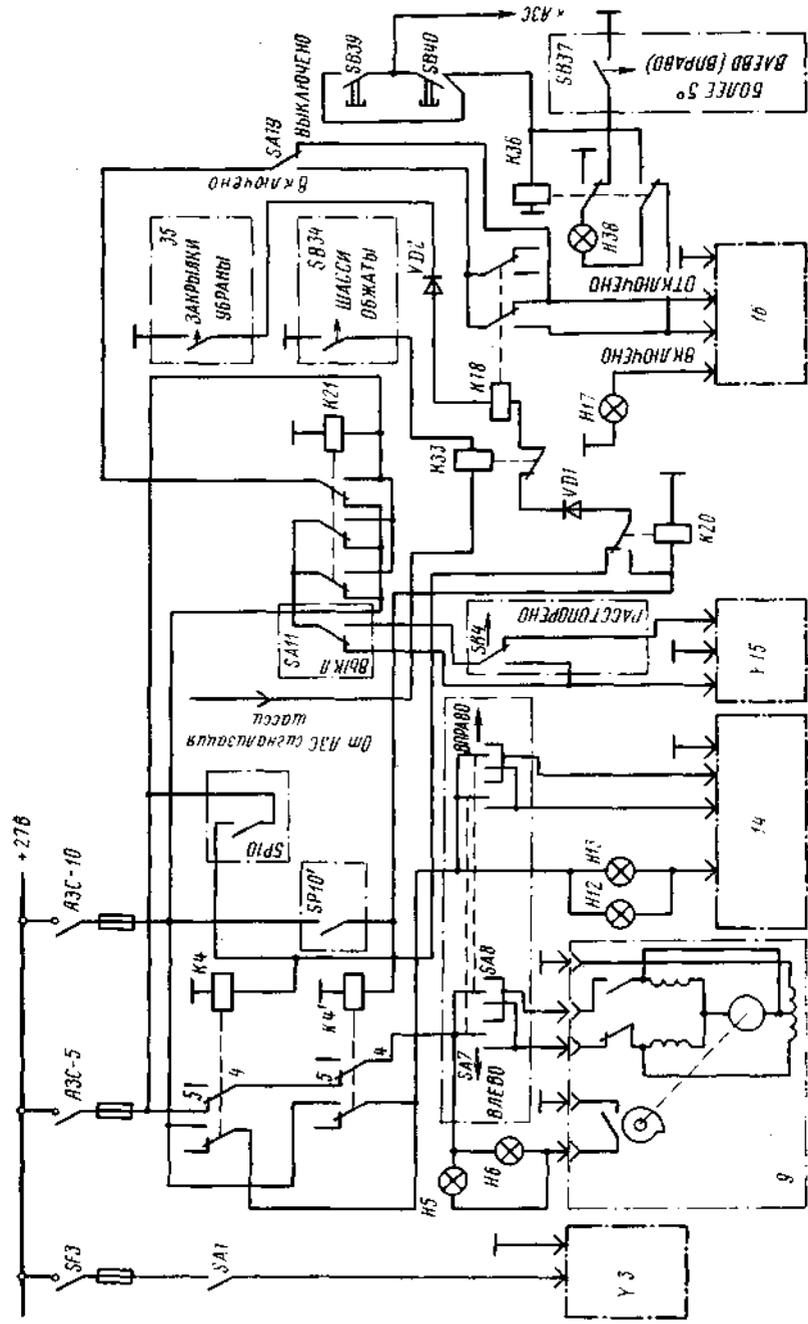


Рис. 8.19. Функциональная электрическая схема управления триммерами и грузителями на самолете Ту-134А

Триммирование взлетно-посадочного загрузителя руля направления производит электромеханизм МП-100-38 (14). Управление электромеханизмом триммера руля направления и триммирующим электромеханизмом осуществляется за счет нажимных переключателей 2ППГ-15 (SA7, SA8). При установке переключателя SA7 и SA8 в положение ВЛЕВО, напряжение бортсети через автомат защиты АЗС-5, контакты 5--4 реле K4, K4', переключатель SA7 или SA8 поступает на электромеханизм 9, который отклоняет триммер вправо или влево. Когда триммер проходит нейтральное положение, контакты в электромеханизме 9 замыкаются и включают сигнальные лампы H5 и H6.

Электромеханизмы 9 и 14 работают отдельно, включение их производится одним и теми же переключателями. При включенном гидроусилителе к переключателям управления подключается механизм триммерного эффекта, при отключенном гидроусилителе — механизм триммера.

Гидроусилитель ГУ-108Д включается при открытии электромагнитного крана ГА-165 (Y15), соединяющего гидроусилитель с основной гидросистемой самолета. Краном Y15 управляют с помощью переключателя ППГ-15К (SA11).

Включение гидроусилителя возможно только при отстопоренном руле направления (блокирование выполняют концевые выключатели А812В (SB4)). Для включения гидроусилителя переключатель SA11 устанавливают в положение ВКЛЮЧЕНО. Кран Y/5, срабатывая, подает гидросмесь под давлением в гидроусилитель.

При наличии давления в системе гидроусилителя переключаются два концевых выключателя SP10, SP10'. При этом включаются два реле ТКЕ52ПД (K4, K4'), которые обесточивают электромеханизм триммера и подготавливают цепи включения электромеханизма триммерного эффекта взлетно-посадочного загрузителя.

Для аварийного отключения гидроусилителя выключатель ВГ-15К (SA1) ставят в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом напряжение бортсети поступает на гидрокран ЭМО-8/2 (Y3), который, срабатывая, отключает гидроусилитель. Лампы СЛМ-61 (H5, H6 и H12, H13) (белые) сигнализируют о нейтральном положении триммера руля направления и взлетно-посадочного загрузителя.

*Схема управления полетным загрузителем руля направления* функционирует следующим образом. При установке переключателя ППГ-15 (SA19) управления полетным загрузителем в положение ВКЛЮЧЕНО полетный загрузитель включается автоматически при включенном гидроусилителе, необжатых стойках основных опор шасси и убранных закрылках. При включенном гидроусилителе срабатывают концевые выключатели SP10, SP10' и напряжение бортсети подается на обмотку реле ТКЕ-2ПД (K20), а через кон-

такты реле *K20*, диод *VDJ*, контакты реле *ТКЕ53ПД (K33)* — на обмотку реле *ТКЕ52ПД (K18)*, минус к которому замыкается через контакты концевого выключателя механизма *МКВ-41 (35)* (он включен при убранных закрылках) и диод *VD2*. Реле *K18*, срабатывая, включает электромеханизм *МП-100М-16 (16)*, которым включает полетный загрузатель руля направления. Загорается сигнальная лампа *Н17* 'ПОЛЕТНЫЙ ЗАГРУЖАТЕЛЬ ВКЛЮЧЕН'.

Полетный загрузатель отключается автоматически при выпуске закрылков, или обжатию стоек основных опор шасси, или выключении гидроусилителя, или падении давления до 1500 кПа в гидросистеме, питающей гидроусилитель, независимо от положения закрылков и обжатия стоек основных опор шасси. При выпуске закрылков срабатывает выключатель механизма *35* и отключается цепь минуса от обмотки реле *K18*. Это реле, отключаясь, своими контактами подает питание на электромеханизм *16*, который отключает полетный загрузатель. При обжатию главных стоек шасси срабатывает концевой выключатель *ДП-702 (SB34)* и включается реле *K33*, которое отключает реле *K18*, вследствие чего отключается полетный загрузатель руля направления.

При выключении гидроусилителя или при падении давления до 1500 кПа в гидросистеме, питающей гидроусилитель, срабатывают выключатели *SP10, SP10'*. Отключается питание от обмотки реле *K20* и от контактов реле *K20*, обесточивается реле *K18*, и электромеханизм *16* отключает полетный загрузатель руля направления.

При установке переключателя *SA19* в положение **ВЫКЛЮЧЕНО** полетный загрузатель отключается независимо от состояния цепей блокирования. Для обеспечения нормальной работы полетного загрузателя переключатель *SA19* должен быть установлен в положение **ВКЛЮЧЕНО** и закрыт красным колпаком.

Для сигнализации об отклонении руля направления более чем на  $5^\circ$  влево или вправо при включенном полетном загрузателе служит лампа *Н38*. Концевой выключатель *A-812В (SB37)* срабатывает при отклонении руля направления более  $5^\circ$  в любую сторону. Для проверки целостности нити накала лампы *Н38* служит реле *ТКЕ22ПД (K36)*, управляемое кнопками проверки сигнализации *SB39, SB40*.

Реле *ТКЕ53ПД (K21)* предназначено для дублирования питания электромагнитного крана *У15* и электромеханизма *16* в случае неисправности одного из автоматов защиты или питающих проводов.

Управляют триммерами элеронов два электромеханизма *МП-100МТ-20* (рис. 8.20), а ими — два нажимных переключателя *2ПНГ-25 (SA2, SA3)*, установленных на пультах триммеров левого и правого пилотов. При установке переключателя *SA2* или *SA3* в положение **КРЕН ЛЕВЫЙ** триммер левого элерона отклоняется

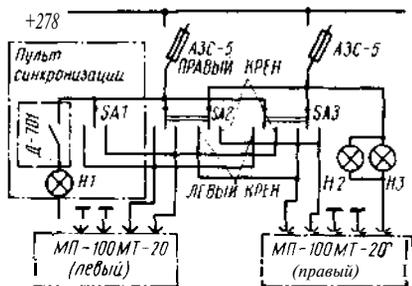


Рис 8.20. Функциональная электрическая схема управления триммерами элеронов на самолете Ту-134А

запуска двигателей установлен состав пульта: нажимной переключатель ПНГ-15К (SA1), белая сигнальная лампа СЛМ-61 (H1), указывающая нейтральное положение триммера левого элерона, и концевой выключатель Д-701, который при закрытии крышки пульта синхронизации разрывает цепь лампы H1.

Порядок синхронизации триммеров элеронов следующий. Переключателем управления триммеров элеронов SA2 или SA3 устанавливают триммеры элеронов в нейтральное положение. Должны загореться лампы H2 и H3, включаемые концевым выключателем электромеханизма триммера правого элерона. Затем открывают крышку пульта синхронизации и нажимают переключатель SA1 влево или вправо до загорания сигнальной лампы H1 при установке триммера левого элерона в нейтральное положение. Синхронизация считается достигнутой при одновременном горении ламп H1 на пульте синхронизации и H2, H3 на пультах триммеров пилотов. Пульт синхронизации закрывают крышкой. Синхронизацию положения триммеров элеронов проверяют только перед полетом.

Управление триммерами руля высоты осуществляется тросовой проводкой, приводимой в действие штурвалами, установленными на пультах первого и второго пилотов, или электрической системой, управляемой переключателями, смонтированными на штурвалах управления элеронами, или автоматом триммирования АТ-2 при включенной бортовой системе управления заходом на посадку. При работе тросовой проводки и отключенной электросистеме вал распределительного барабана вращает выходной вал электромеханизма вхолостую. Распределительный барабан состоит из двух тросовых барабанов: на нижний наматываются тросы, идущие из фюзеляжа, а с верхнего сбегают две пары тросов в каждую половину руля высоты.

Электрическое управление триммерами осуществляется электромеханизмом УТ-15, который, вращая распределительный бара-

вниз, триммер правого элерона — вверх. О нейтральном положении триммеров элеронов сигнализируют две белые лампы СЛМ-61 (H2 и H3).

Цепи питания электромеханизмов МП-100МТ-20 защищены автоматами АЗС-5. В скоростях движения штоков механизмов возможна разница, возникающая в процессе эксплуатации. Поэтому возможно и рассогласование положения триммеров. Для контроля за взаимным положением триммеров и их согласования в щитке

бан, через систему тросов изменяет расположение триммеров руля высоты. В электромеханизме УТ-15 имеется электромагнитная муфта сцепления, которая включается только при электрическом управлении триммерами. Эта муфта сцепляет вал двигателя с выходным валом электромеханизма.

Для ограничения отклонения триммеров при работающей электрической системе используются концевые выключатели А812В (SB1, SB2), смонтированные на корпусе распределительного барабана. При крайних положениях триммеров они размыкают электрическую цепь питания механизма УТ-15.

Так как управление триммерами руля высоты комбинированное и может производиться как от переключателей ППГ-15 (SA1, SA2), так и от блока управления триммерами БУТ-3 автомата гриммирования АГ-2, то питание на эти переключатели подается через контакты 2—1 реле К4. При включении автомата АГ-2 срабатывает реле К4 и отключает питание от переключателей SA1 и SA2. Минус на электромеханизм УТ-15 замыкается через контакты 8—7 реле К1.

Управление механизмом УТ-15 осуществляется переключателями SA1 или SA2, установленными на штурвалах первого и второго пилотов. При установке любого из этих переключателей в положение ВВЕРХ триммеры руля высоты отклоняются вниз. Для аварийного отключения электромеханизма УТ-15 предусмотрен выключатель ВГ-15К.

Для проверки электромеханизма МП-100МТ-36 управления триммером руля поворота (РП) с пульта триммеров первого пилота устанавливают:

автомат защиты АЗС-10 ГИДРОУСИЛИТЕЛЬ МЕХАНИЗМА РП в положение ВЫКЛЮЧЕНО:

ручку переключателя 2ППГ-15 управления электромеханизмом МП-100МТ-36 триммера руля поворота в положение ПОВОРОТ ЛЕВЫЙ. Электромеханизм должен отклонить триммер РП вправо до крайнего положения и отключиться;

ручку переключателя 2ППГ-15 в положение ПОВОРОТ ПРАВЫЙ, триммер РП должен отклониться влево до крайнего положения и отключиться;

триммер РП с помощью переключателя 2ППГ-15 в нейтральное положение. При этом должны загореться сигнальные белые лампы НЕЙТР. ТРИММЕРА.

Аналогично проверяют работу электромеханизма триммера РП с пульта триммеров второго пилота.

Для проверки триммирующего электромеханизма МП-100МТ-38 взлетно-посадочного загрузателя РП:

включают в работу гидроусилитель ГУ-108Д руля поворота, для чего автомат защиты АЗС-10 ГИДРОУСИЛИТЕЛЬ МЕХАНИЗМА РП и ручку переключателя ППГ-15К гидроусилителя РП устанавливают в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом должны включиться гидроусилитель ГУ-108Д, автоматически отключится цепь питания электромеханизма МП-100МТ-36 управления триммером РП и подготовится цепь управления электромеханизмом МП-100МТ-38 триммерного эффекта взлетно-посадочного загрузателя РП. Лампы сигнализации нейтрального положения триммера РП должны погаснуть, и должна загореться лампа сигнализации нейтрального положения триммирующего механизма;

устанавливают ручку переключателя 2ППГ-15 управления электромеханизмом МП-100МТ-36 триммера РП на пульте триммеров первого пилота в положение ПОВОРОТ ЛЕВЫЙ. При этом должен включиться в работу электромеханизм

МП-100МТ-38, левая педаль должна перемещаться вперед, а руль поворота — отклониться влево. В крайнем положении электромеханизм должен отключиться; переводят ручку переключателя 2ПНГ-15 в положение ПОВОРОТ ПРАВАЯ. При этом должен включиться в работу электромеханизм МП-100МТ-38, правая педаль должна перемещаться вперед, а руль поворота должен отклониться направо;

руль поворота переключают с помощью переключателя 2ПНГ-15 в нейтральное положение. При этом должны загореться белые сигнальные лампы НЕЙТРАЛЬ ЗАГРУЖАТЕЛЯ.

Аналогично проверяют работу электромеханизма МП-ЮОМТ-38 триммирующего эффекта с пульта триммеров правого пилота.

Для проверки электромеханизма МП-100М-16 управления полетным загрузателем:

отключают автомат защиты АЗС-5 на левой панели АЗС СИГНАЛИЗАЦИЯ ШАССИ И ИНТЕРЦЕПТОРОВ;

ставят ручку переключателя ППГ-15 полетного загрузателя в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом должны включиться электромеханизм МП-100М-16 управления полетным загрузателем, загореться зеленая сигнальная лампа ПОЛЕТНЫЙ ЗАГРУЖАТЕЛЬ ВКЛЮЧЕН и табло ОГРАНИЧЕНИЕ РП  $\pm 5^\circ$ ;

проверяют исправность цепей блокирования включения полетного загрузателя при отключении гидроусилителя, выпущенных шасси и закрылков и обжатом положении стоек основных шасси. При включении автомата защиты АЗС-10 ГИДРОУСИЛИТЕЛЬ МЕХАНИЗМА РП, или автомата защиты АЗС-5 СИГНАЛИЗАЦИЯ ШАССИ И ИНТЕРЦЕПТОРОВ, или при выпуске закрылков электромеханизм МП-100МТ-16 должен автоматически выключить полетный загрузатель. Сигнальная лампа ПОЛЕТНЫЙ ЗАГРУЖАТЕЛЬ ВКЛЮЧЕН и табло ОГРАНИЧЕНИЕ РП  $\pm 5^\circ$  должны погаснуть.

По окончании проверки ручку переключателя ППГ-15 переставляют в положение ВКЛЮЧЕНО и закрывают предохранительным красным коллаком.

Для проверки электромеханизма УТ-15 управления триммерами РВ устанавливают ручку переключателя ПНГ-15К управления триммерами РВ на штурвале управления самолетом у первого пилота в положение:

ВВЕРХ, при этом должен включиться в работу электромеханизм УТ-15 и отклонить триммеры РВ вниз до крайнего положения. При достижении крайнего положения электромеханизм должен отключиться. При работе электромеханизма штурвалы ручного управления триммерами РВ, установленные на левом и правом пультах управления, должны вращаться «на себя»;

ВНИЗ, при этом электромеханизм УТ-15 должен отклонить триммеры РВ вверх. При достижении крайнего положения электромеханизм должен отключиться. При работе электромеханизма УТ-15 штурвалы ручного управления должны вращаться «от себя».

Аналогично проверяют работу электромеханизма УТ-15 с места второго пилота.

Для проверки аварийного отключения триммеров РВ ручку выключателя ВГ-15 аварийного отключения электромеханизма УТ-15 переводят в положение ВЫКЛЮЧЕНО, а ручку переключателя ПНГ-15К на штурвалах попеременно ставят в положения ВВЕРХ и ВНИЗ. При этом электромеханизм УТ-15 не должен включаться. По окончании проверки триммеры устанавливают в нейтральное положение по индексу на штурвалах механического управления триммерами РВ.

Для проверки электромеханизма МП-100МТ-20 управления триммерами элеронов:

открывают крышку пульта запуска двигателей, под которой находится пульт синхронизации триммеров элеронов;

устанавливают ручку переключателя 2ПНГ-15 управления электромеханизмами МП-100МТ-20 триммеров элеронов на пульте первого пилота в положение КРЕН ПРАВАЯ. Электромеханизмы должны включиться в работу и отклонить

триммер левого элерона вверх, а правого вниз. При достижении триммерами крайнего положения электромеханизмы должны отключиться;

перевести переключатель 2ПНГ-15 в положение КРЕН ЛЕВЫЙ. Электромеханизмы должны включиться в работу и отклонить триммер левого элерона вниз, а правого — вверх. В крайнем положении триммеры электромеханизмы должны отключиться. Аналогично проверяют работу электромеханизмов МП-100МТ-20 с пульта управления триммерами правого пилота.

С помощью переключателя 2ПНГ-15 устанавливают триммеры элеронов в нейтральное положение. При достижении триммерами элеронов нейтрального положения должны одновременно загореться две белые сигнальные лампы на пультах триммеров первого и второго пилотов и третья на пульте синхронизации триммеров элеронов.

## Вопросы для самоконтроля

1. Электромеханизм МПЗ-18А-5. Назначение и устройство электромеханизма.
2. Электромеханизм МУС-3ПТВ. Как будет работать электромеханизм при выходе из строя одного из электродвигателей?
3. Электромеханизм МП-100МТ. Назначение и устройство электромеханизма.
4. Электромеханизм МУС-3ПТВ. Назначение и устройство.
5. Механизм концевых выключателей МКВ-43 2-й серии. Назначение и устройство электромеханизма.
6. Каково назначение системы СПЗ-1А?
7. Блок 6Ц.254-4. Каков принцип работы магнитного реле?
8. Система СПЗ-1А. Какие подканалы входят в систему СПЗ-1А и их назначение?
9. Коробка защиты двигателя КЗД-3. Как будет работать электросхема управления предкрылками при отказе реле *K5*?
10. Электросхема управления предкрылками на самолете Ту-154Б. Как будет работать электросхема, если не включится реле *K24*?
11. Какое назначение имеют средние и внутренние интерцепторы?
12. Электросхема управления средними интерцепторами на самолете Ту-154Б. Что произойдет, если не переключится концевой выключатель *SB20* рулевого привода РП-1?
13. Электросхема управления внутренними интерцепторами на самолете Ту-154Б. Что произойдет, если не переключится концевой выключатель *SB* программного механизма ЭМРВ-27?
14. Электросхема управления стабилизатором на самолете Ту-154Б. Как будет происходить работа электросхемы при отказе реле *K27*?
15. Электросхема управления стабилизатором на самолете Ту-134А. Как будет происходить перемещение стабилизатора при отказе контактора *K7*?

## Глава 9

### ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ АВИАЦИОННОГО ГИДРОПРИВОДА

#### 9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На самолете Ту-134А\* имеются три гидравлические системы: основная, дублирующая система гидроусилителя руля направления и тормозная, разделенная на две линии — основную и аварийную.

\* В гл. 9 рассмотрена только гидросистема самолета Ту-134А, поскольку данная система является наиболее характерной.

В основной и тормозной гидросистемах рабочее давление 21 МПа, в дублирующей — 7,5 МПа. Основная гидросистема предназначена для уборки и выпуска шасси, поворота передних колес шасси, выпуска и уборки интерцепторов, управления стеклоочистителями и гидроусилителем руля направления. Давление в ней создается двумя гидравлическими насосами, установленными непосредственно на двигателях самолета. Насосы получают вращение от двигателей и никакого управления в полете не требуют. Гидроаккумулятор основной системы заряжается через электромагнитный гидравлический кран.

Дублирующая гидросистема обеспечивает работу гидроусилителя руля направления в случае отказа основной.

Тормозная гидросистема предназначена для торможения колес и аварийного выпуска шасси. Давление в тормозной гидросистеме создает гидронасос (агрегат 465-Д) с электродвигателем МП-6000 постоянного тока мощностью 6000 Вт.

## 9.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОСИСТЕМАМИ

Дублирующая гидросистема. Она работает следующим образом. В состав этой системы входит автономная насосная станция НС-45 с электродвигателем МП-1500А постоянного тока мощностью 1500 Вт. Управляют этой станцией с помощью переключателя 2ППНГ-15К (СА2) (рис. 9.1), который имеет три положения: АВТОМАТ, ВЫКЛЮЧЕНО, ПРИНУДИТЕЛЬНО. Перед взлетом самолета этот переключатель устанавливают в положение АВТОМАТ. Сигнал на включение насосной станции поступает при падении давления в основной гидросистеме ниже 10 МПа от датчика МСТ-100, и при его срабатывании минус бортсети замыкается на обмотку реле ТКЕ52ПД (К11), которое, срабатывая, подключает минус бортсети к сигнальной лампе Я5 и к обмотке реле ТКЕ56ПД (К10). Лампа сигнализирует о падении давления в основной гидросистеме. Реле К10, срабатывая, блокируется по цепи минуса через свои контакты 5—6, а контактами 8—9 включает контактор К1 пусковой коробки ПК-100.

Контактор, срабатывая, подает питание через пусковой резистор R1 на электродвигатель. При вращении якоря электродвигателя на его обмотке возникает противоэлектродвижущая сила и, когда ее значение достигает  $(14,5 \pm 0,5)$  В, срабатывает реле ТКЕ21ПД1У (К3, К4). При этом замыкается цепь минуса обмотки контактора ТКС101ДОД (К2). Контактор, включаясь, шунтирует пусковой резистор R1, и на обмотку якоря подается полное напряжение бортсети. Одновременно напряжение бортсети подводится на электромагнитный гидравлический кран ГА-192 включения дублирующей гидросистемы. Электродвигатель МП-1500А и кран

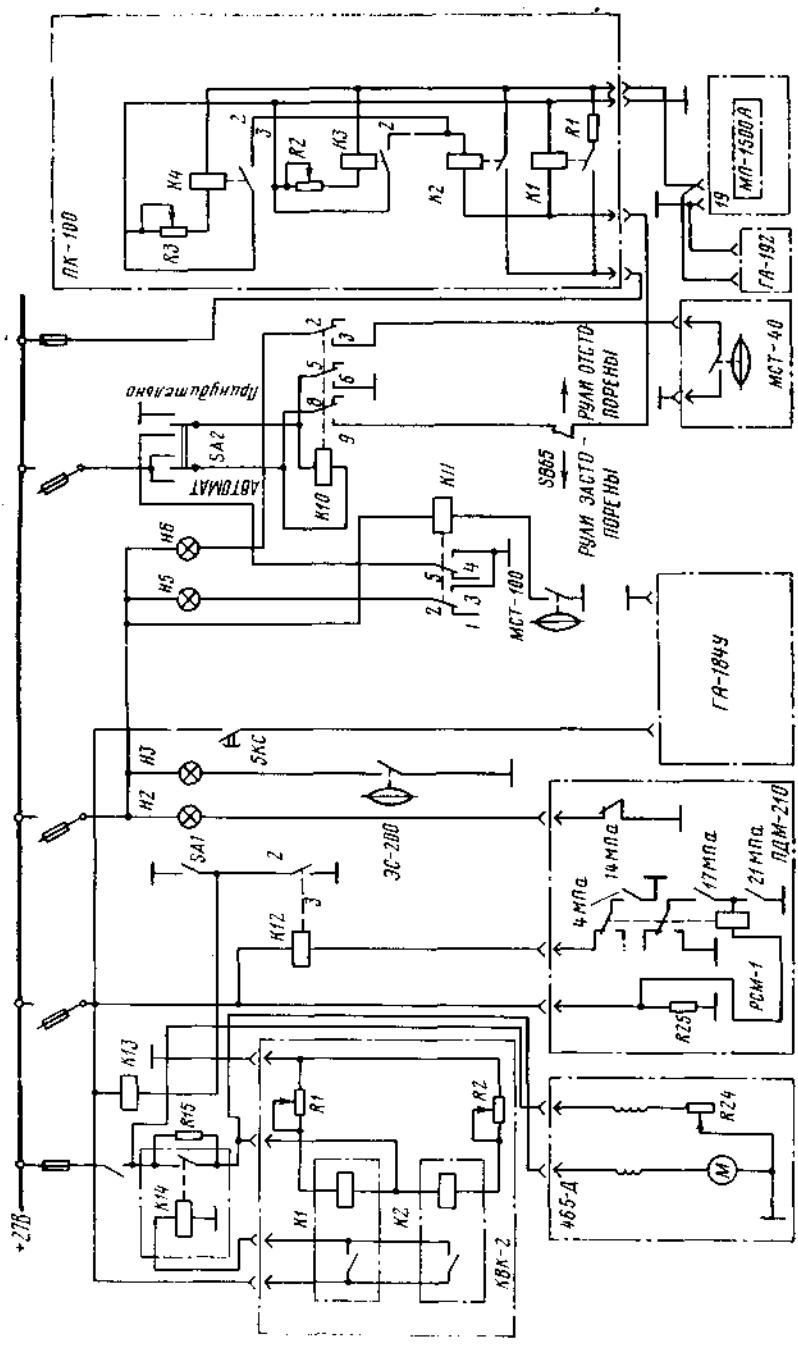


Рис. 9.1. Функциональная электрическая схема гидросистемы самолета Ту-134А

ГА-192 включаются только при **отстопоренном** руле направления [их цепи блокируют концевой выключатель А812В (SB65)].

На случай отказа автоматического включения на самолете предусмотрено принудительное включение дублирующей гидросистемы установкой переключателя SA2 в положение ПРИНУДИТЕЛЬНО. В этом случае минус бортсети подключается к обмотке реле К10 через контакты этого переключателя. Последовательность работы гидроагрегатов дублирующей гидросистемы при принудительном включении такая же, как при автоматическом. При падении давления в дублирующей гидросистеме ниже  $(4 \pm 0,25)$  МПа срабатывает сигнализатор давления МСТ-40 и подает минус бортсети на сигнальную лампу ОТКАЗ ДУБЛИРУЮЩЕ ГИДРОСИСТЕМЫ (Н6). При установке переключателя SA2 в положение ВЫКЛЮЧЕНО реле КЮ обесточится, насосная станция 19 и гидравлический кран ГА-192 отключатся.

Датчик сигнализации МСТ-40, кран ГА-192 и электродвигатель МП-1500А входят в конструкцию станции НС-45, которая установлена в хвостовой части фюзеляжа.

Тормозная гидросистема. Она работает следующим образом. Управление гидронасосом 465-Д автоматизировано и осуществляется переключателем давления ПДМ-210, с его помощью поддерживается давление в тормозной гидросистеме в пределах 17—21 МПа. Кроме того, он сигнализирует о падении давления в тормозной гидросистеме ниже 14 МПа **загоранием** красной сигнальной лампы СЛМ-61 (Н2). При необходимости насос 465-Д может быть включен нажимным выключателем ВНГ-15К ГИДРОНАСОС, ПОДКАЧКА (SA1).

Работа переключателя ПДМ-210 основана на использовании свойства манометрической трубки изменять свою форму при изменении давлений снаружи и внутри нее. При изменении давления свободный конец манометрической трубки, перемещаясь, управляет четырехпозиционным электрическим переключателем. При отсутствии давления в тормозной гидросистеме горит лампа Н2. Контакты промежуточного реле ТКЕ21ПД (К12) и контактора ТКС601ДТ (К13) при этом разомкнуты.

Чтобы ввести в действие автоматику управления гидронасосом, необходимо создать в тормозной системе давление, равное 4 МПа. Это достигается кратковременным **нажатием** выключателя ВНГ-15К (SA1) на верхнем электрошитке пилотов. При нажатии выключателя SA1 срабатывает контактор К13 и включает шунтовую обмотку возбуждения электродвигателя и (через пусковой резистор) серийную обмотку и обмотку якоря электродвигателя. При наборе электродвигателем определенной частоты вращения за счет **противоэлектродвижущей** силы на Обмотке якоря, когда ее значение достигает  $(15 \pm 1)$  В, срабатывают реле ТКЕ21ПДТ (К1, К2) в коробке КВК-2 и напряжение бортсети через их контакты подается на обмотку контактора КМ400ДС (К14), который,

включаясь, шунтирует пусковой резистор *R15*. На обмотку якоря подается полное напряжение бортсети. Таким образом, запуск электродвигателя двухступенчатый с ограничением пускового тока.

В результате работы гидронасоса давление в гидросистеме будет увеличиваться. При достижении давления 4 МПа замыкаются контакты в переключателе ПДМ-210 и подключают минус бортсети через нормально замкнутые контакты реле РСМ-1 к обмотке реле *K12*, которое, срабатывая, своими контактами 3—2 соединяет минус бортсети к обмотке контактора *K13*. Теперь выключатель *SA1* можно отпустить. При давлении 14 МПа размыкаются контакты в переключателе ПДМ-210 и лампа *H2* выключается. Когда давление в системе достигнет 17 МПа, замкнутся контакты в переключателе давления ПДМ-210 и подготовят цепь блокировки реле РСМ-1. При повышении давления в системе до 21 МПа замыкаются контакты в переключателе ПДМ-210 и включают цепь питания реле РСМ-1, которое, срабатывая, блокируется через свои контакты по цепи минуса и отключает цепь питания реле *K12*. Это реле, обесточиваясь, отключает контактор *K13*. Гидронасос отключается.

В результате расхода гидросмеси при срабатывании гидроагрегатов давление в системе уменьшается. При падении давления ниже 21 МПа размыкаются контакты переключателя ПДМ-210, но реле РСМ-1 не отключается (оно заблокировано). При понижении давления до 17 МПа размыкаются контакты в переключателе ПДМ-210, реле РСМ-1 отключается и своими контактами включает цепь питания реле *K12*, которое включает контактор *K13*. Электродвигатель гидронасоса вступает в работу, и давление в системе вновь повышается до 21 МПа.

В случае неисправности автоматики при понижении давления в гидросистеме до 14 МПа замыкаются контакты в переключателе давления и загорается сигнальная лампа *H2*, предупреждающая, что давление в гидросистеме минимальное. При падении давления вследствие неисправности гидросистемы до 4 МПа и ниже размыкаются контакты и электродвигатель насоса прекращает работу.

Аварийная гидросистема. Давление в аварийной тормозной гидросистеме создает гидроаккумулятор. При падении давления в аварийном гидроаккумуляторе ниже 20 МПа срабатывает датчик сигнализации ЭС-200 и включает красную сигнальную лампу СЛМ-61 (*H3*).

Для зарядки аварийного гидроаккумулятора нажимают на кнопку 5КС на верхнем электрощитке пилотов. При этом срабатывает электромагнитный гидравлический кран ГА-184У зарядки аварийного гидроаккумулятора и гидросмесь из тормозной гидросистемы подается в аварийный гидроаккумулятор. При давлении в нем свыше 19 МПа датчик сигнализации ЭС-200 отключает лампу *H3* и кнопку 5КС можно отпустить.

Гидронасос 465-Д установлен на левом борту в техотсеке ниши переднего шасси у шпангоута № 15, там же установлены панель агрегатов тормозной гидросистемы, переключатель ПДМ-210, кран ГА-184У (7) и датчик ЭС-200.

Работу электродвигателя МП-6000 насосной станции тормозной гидросистемы проверяют в такой последовательности:

включают автомат АЗС-2 УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОНАСОСА, ГИДРОАККУМУЛЯТОРА на левой панели АЗС;

если давление в тормозной системе по указателю УИ1-240 ниже  $4 \pm 1_{0,5}$  МПа, для включения насосной станции выключатель ВНГ-15К ГИДРОНАСОС, ПОДКАЧКА на верхнем электроштитке пилотов устанавливают в положение ВКЛЮЧЕНО и при достижении давления выше  $4 \pm 1_{0,5}$  МПа переводят в положение ВЫКЛЮЧЕНО. Станция продолжает работать автоматически и создавать давление в системе. При достижении давления  $(14 \pm 0,7)$  МПа отключается красная сигнальная лампа, указывающая падение давления в тормозной системе. Максимальный потребляемый ток электродвигателем МП-6000 не должен превышать 320 А. При достижении давления в тормозной гидросистеме  $21 \pm 0_{0,3}^{0,8}$  МПа станция автоматически отключается;

для зарядки гидроаккумулятора аварийной тормозной системы нажимают кнопку ЗАРЯДКА АВАРИЙНОГО ГИДРОАККУМУЛЯТОРА на верхнем электроштитке пилотов. При достижении давления  $21 \pm 0_{0,3}^{0,8}$  МПа отпускают кнопку. Станция отключается;

нажимая и отпуская тормозные педали, понижают давление в основной тормозной гидросистеме. Когда давление упадет до  $17 \pm 0_{0,3}^{0,8}$  МПа, автоматически включается станция и повышает давление до  $21 \pm 0_{0,3}^{0,8}$  МПа;

ставят автомат АЗС-2 УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОНАСОСОМ, ГИДРОАККУМУЛЯТОРОМ на левой панели АЗС в положение ВЫКЛЮЧЕНО;

продолжая стравливать давление в основной тормозной системе, проверяют работу сигнализации падения давления в этой системе. При понижении давления до  $(14 \pm 0,7)$  МПа должна загореться красная сигнальная лампа, указывающая о падении давления в основной тормозной гидросистеме. Давление стравливают до нуля;

нажимая и отпуская рычаги аварийного торможения, понижают давление в аварийной тормозной гидросистеме. По ее манометру УИ1-240 проверяют давление, при котором включается красная сигнальная лампа. При падении давления в аварийной гидросистеме до  $(19 \pm 1)$  МПа должна загореться сигнальная лампа, указывающая о падении давления;

переводят автомат АЗС-2 УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОНАСОСОМ, ГИДРОАККУМУЛЯТОРОМ в положение ВКЛЮЧЕНО. Насосная станция не должна включиться, так как при давлении менее  $4 \pm 1_{0,5}$  МПа станция автоматически не включается;

ставят автомат АЗС-2 в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

Проверку работы электродвигателя МП-1500А станции НС-45 автономной гидросистемы производят при давлении в основной гидросистеме ниже  $(1 \pm 0,5)$  МПа, при этом:

расстопоривают рули управления самолетом. Должен сработать концевой выключатель А812В и подготовить цепь включения станции НС-45;

устанавливают переключатель 2ППНГ-15К АВТОНОМНАЯ ГИДРОСИСТЕМА в положение АВТОМАТ. Должна включаться в работу станция и создать давление в автономной гидросистеме. При давлении выше  $4 \pm 0,5$  МПа должна погаснуть красная сигнальная лампа;

переводят ручку переключателя 2ППНГ-15К АВТОНОМНАЯ ГИДРОСИСТЕМА в нейтральное положение. Станция НС-45 должна отключаться;

отключают на левой панели АЗС на 1—2 с автомат АЗС-5 ДУБЛ. Г/СИСТ. РП и включают вновь;

ставят ручку переключателя 2ППНГ-15К АВТОНОМНАЯ ГИДРОСИСТЕМА в положение ПРИНУДИТЕЛЬНО и проверяют работу станции НС-45 при принудительном ее включении.

**Управление шасси на самолете Ту-154Б.** Выпуск шасси с открытием и закрытием створок на этом самолете осуществляется от первой гидросистемы, аварийный выпуск шасси и открытие створок — от второй, аварийный дублирующий выпуск шасси — от третьей. Уборка шасси выполняется только от первой гидросистемы.

Уборка и выпуск основных опор, передней опоры шасси производятся одновременно с помощью гидравлического крана КЭ-47 (У5) (рис. 9.2). Он представляет собой трехпозиционный гидравлический кран с электромагнитным управлением и предназначен для дистанционного управления подачей жидкости в силовые цилиндры шасси при основном управлении шасси. Агрегат снабжен пружинами, которые при отсутствии давления в гидросистеме возвращают золотник в нейтральное положение, при этом обе полости управляемых цилиндров соединяются со сливом. Краном управляют с помощью переключателя ППНГ-15К (SA2). При установке переключателя SA2 в положение УБОРКА гидравлический кран включает систему на уборку, при установке в положении ВЫПУСК на выпуск шасси. Для уменьшения обгорания контактов переключателя SA2 от токов, вызванных ЭДС самоин-

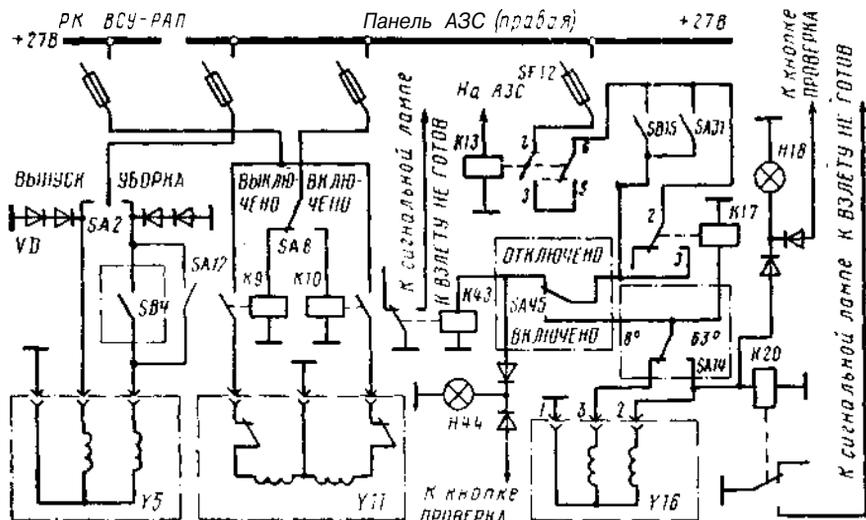


Рис. 9.2. Функциональная электрическая схема управления шасси (а) и поворотом передней опоры (б) на самолете Ту-154Б

дукции обмотки гидравлического крана при их размыкании, контакты переключателя зашунтированы диодами *VD*.

Для исключения возможности уборки шасси на земле цепь управления уборкой шасси отключается концевым выключателем АМ-800К (*SB4*), установленным на шлиц-шарнире правой основной опоры шасси, который замыкает свои контакты только после взлета самолета.

Дублирующий аварийный выпуск шасси от третьей гидросистемы производит гидравлический кран ГА-165 (*Y11*). Управляют краном *Y11* с помощью переключателя ППГ-15 (*SA8*), включающим или отключающим контакторы ТКД2010ДГ (*K10*, *K9*), через которые питание подается на включение или отключение крана.

Принудительная уборка шасси в воздухе при неисправности концевого выключателя осуществляется нажимным выключателем ВНГ-15К (*SA12*), расположенным на верхнем электрошитке пилотов.

**Управление поворотом колес передней опоры шасси на самолете Ту-154Б.** Его осуществляет специальная система, которая питается от второй гидросистемы и имеет три режима работы:

режим руления (больших углов поворота), при полном отклонении педалей обеспечивающий угол поворота колес на  $\pm 63^\circ$  от нейтрального положения;

режим взлетно-посадочный (малых углов поворота), соответствующий пробегу и разбегу самолета и при полном отклонении педалей обеспечивающий угол поворота колес на  $\pm 8^\circ 30'$  от нейтрального положения;

режим свободного ориентирования, при котором колеса после взлета самолета устанавливаются в нейтральное положение.

Электрическая схема управления поворотом колес обеспечивает автоматический перевод системы управления из режима руления во взлетно-посадочный режим, а затем в режим свободного ориентирования колес с помощью гидравлического крана ГА-163 (*Y16*), который состоит из двух распределительных клапанов, управляемых электромагнитом.

При подаче питания на вывод 3 крана *Y16* механизм поворота колес включается на взлетно-посадочный режим, а при подаче питания на вывод 2 — на режим руления. При обесточивании выводов 2, 3 механизм поворота колес автоматически переходит в режим свободного ориентирования.

Система включается выключателем ВГ-15К (*SA45*), что обеспечивает ее работу на взлетно-посадочном режиме. Питание к выключателю *SA45* подается при выпущенной и обжатой стойке передней опоры шасси. Когда передняя опора выпущена, срабатывает реле ТКЕ52ПОДГ (*K13*) и замыкает свои контакты 2—3 и 5—6. При обжатии стойки передней опоры срабатывает концевой выключатель АМ800К (*SB15*). Напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (*SF12*), контакты 2—3 и 5—6 реле *K13*,

контакты концевого выключателя *SB15* подается к выключателю *SA45*. Если он установлен в положение ОТКЛЮЧЕНО, загорается лампа *H44* сигнализации отключения системы поворота переднего колеса (эта лампа предназначена для сигнализации РАЗВОРОТ НЕ ВКЛЮЧЕН) и срабатывает реле ТКЕ21ПОДГ (*K43*), которое подготавливает цепь включения сигнальной лампы К ВЗЛЕТУ НЕ ГОТОВ.

При установке выключателя *SA45* в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети подается к обмотке реле ТКЕ52ПОДГ (*K17*) и через контакты переключателя ППГ-15 (*SAM*) на вывод 3 крана *Y16*, включающего систему поворота передних колес шасси на взлетно-посадочный режим ( $\pm 8^{\circ}30'$ ).

Реле *K17*, срабатывая, блокируется через свои контакты 2—3 и блокирует цепь питания крана *Y16* при продольной раскачке самолета и размыкании контактов концевого выключателя *SB15*. Для перехода на режим руления переключатель *SAM* ставят в положение 63°. При этом загорается табло РАЗВОРОТ 63° (*H18*). Выключателем ВГ-15К (*SA31*) включения поворота колес при необжатой стойке передней опоры пользуются только при наземной проверке системы поворота колес. В остальных случаях выключатель должен быть установлен в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

Если в начале взлета самолета переключатель *SAM* переведен в положение 63°, кроме загорания сигнальной лампы *H18*, загорится еще сигнальная лампа К ВЗЛЕТУ НЕ ГОТОВ, установленная в сигнальном табло ТС-2 на средней приборной доске пилотов. Замыкание минусовой цепи этой лампы происходит при срабатывании реле ТКЕ21ПОДГ (*K20*) сигнализации поворота колес на 63°.

При уборке шасси срабатывает концевой выключатель сигнализации выпущенного положения передней опоры, отключающий реле *K13*. Система переходит в режим свободного ориентирования.

Контакты реле ТКЕ52ПОДГ (*K13*) (это реле блокирует поворот колес в убранном положении) получают питание от автомата защиты АЗСГК-5 (*SF12*) цепей поворота колес передней опоры, установленного на правой панели автоматов защиты.

Автоматическое расторможение колес шасси на самолете Ту-134А. Его выполняет система, позволяющая увеличить эффективность работы тормозов и уменьшить длину пробега после посадки самолета, уменьшить изнашиваемость покрышек главных колес шасси и увеличить их срок службы, а также устранить юз.

В систему автоматического расторможения колес (рис. 9.3) входят:

восемь инерционных датчиков УА-27М (*SR1, SR2*);

четыре гидравлических крана УЭ-24/1-2 (их обмотки *YA1, YA1', YA2, YA2'*);

два гидравлических выключателя УГ-34/2 (*SP1, SP2*);

четыре устройства выдержки времени УВВ-7-0,5 (КТ11, КТ11', КТ12, КТ12').

Датчики УА-27М (см. рис. 9.3, а) установлены по одному на каждом колесе главных стоек шасси и представляют собой инерционный агрегат, действие которого основано на рассогласовании угловых скоростей вращения колеса и маховика датчика. Маховик датчика 5 размещен в корпусе / и надет на обгонную втулку 7. Маховик связан со втулкой с помощью фрикционных колодок 6. Втулка 7 насажена на приводной валик 4, который вращается в подшипнике 3. Этот валик под действием осевой пружины 10 входит в ее торцовые скосы, а сам через толкатель 8 и рычаг 9 связан с микровыключателем 2. Микровыключатели датчиков соеди-

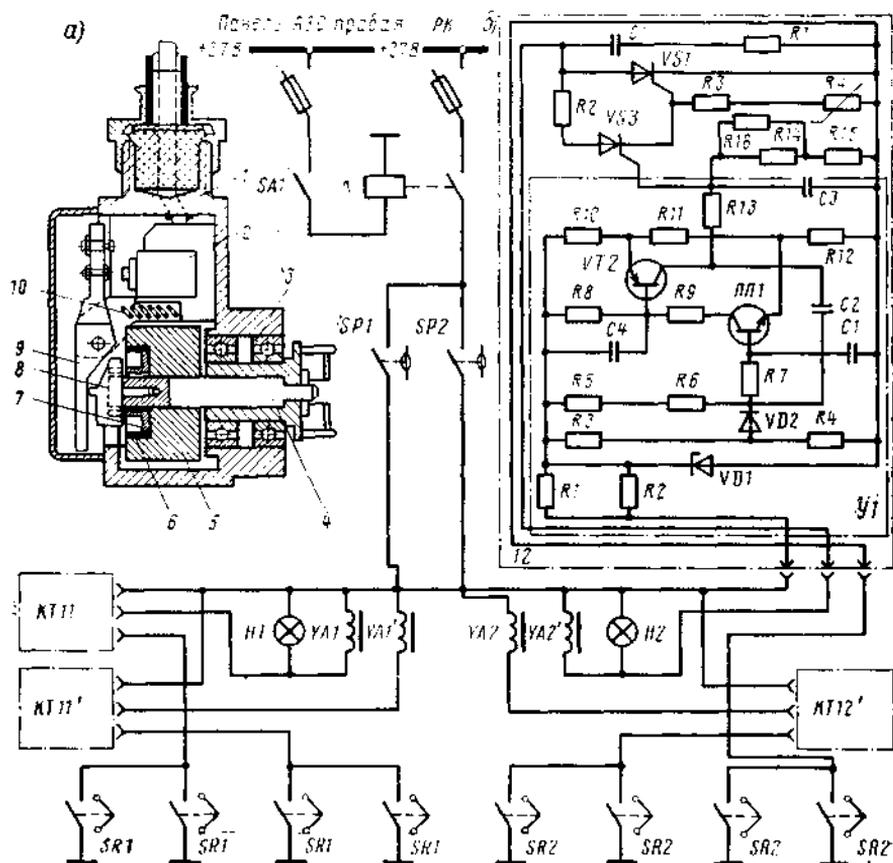


Рис. 9.3. Устройство датчика УА-27М (а) и функциональная электрическая схема (б) автоматического расторможения колес шасси на самолете Ту-134А

нены по два (параллельно) и включены в минусовые цепи обмоток УА1, УА2 (см. рис. 9.3, б).

Валики 4 связаны механически с колесами через шестерни. При движении самолета по земле со скоростью 200 км/ч маховики датчиков вращаются с частотой 10000 мин<sup>-1</sup>. При торможении колес без юза маховики датчиков вместе с их обгонными втулками и валиками вращаются синхронно с колесами. Микровыключатели датчиков при этом находятся в разомкнутом состоянии, поэтому электромагниты кранов отключены и гидросмесь через клапаны поступает в тормозные устройства колес.

При резком замедлении колеса, возникшем вследствие вступления колеса в частичный или полный юз, рассогласовываются частоты вращения колеса и маховика. Валик датчика и втулка, связанные с колесом, также начинают вращаться с большей частотой, увлекая за собой через фрикционное соединение обгонную втулку. Обгонная втулка своими скосами отжимает валик датчика в осевом направлении и через толкатель и рычаг замыкает контакты микровыключателя. При этом включаются электромагнитные краны, которые закрывают доступ гидросмеси к тормозным устройствам и соединяют со сливом в гидробак. В результате этого угловая скорость колеса вновь увеличивается и при согласовании ее с угловой скоростью маховика обгонная втулка сцепляется с маховиком, увлекая его за собой. При этом валик возвращается в исходное положение, контакты микровыключателей размыкаются, и электромагнитные краны УЭ-24/1-2 опять включают тормозные устройства. В дальнейшем при возникновении юза цикл работы автомата тормозов повторяется.

Устройство выдержки времени УВВ-7-0,05 предназначено для выдачи электрического сигнала по истечении времени 0,05 с после момента подачи на устройство сигнала на включение электромагнитного крана УЭ-24/1-2. Устройство УВВ-7-0,05 состоит из двух функциональных блоков, устройства выдержки времени (У1) и выходного усилителя мощности.

Принцип работы устройства У/ основан на заряде конденсатора С1 через общий резистор и сравнения уровня напряжения на этом конденсаторе с опорным уровнем с помощью релейного усилителя. Выдержкой времени считается время, прошедшее с момента подачи напряжения питания до срабатывания релейного усилителя. Параметрический стабилизатор (стабилитрон VD1, резисторы R1, R2) обеспечивает питание измерительной части схемы стабилизированным напряжением. Измерительная часть схемы представляет собой мост, образованный резисторами R4, R3, R12, R11, R10. В диагональ моста включен двухкаскадный усилитель на транзисторах VT1 и VT2. Выходной каскад собран на тиристоре VS3. Он питается от сети постоянного тока напряжением 27 В.

Схема устройства У1 работает следующим образом. При включении питания в первый момент транзистор *VT1* закрыт, так как к его переходу эмиттер — база приложено обратное напряжение с резистора *R12*. Падение напряжения на резисторе *R4* обеспечивает стабилизацию времени отсчета. По мере заряда конденсатора *C1* напряжение на базе транзистора *VT1* увеличивается. Когда оно станет больше падения напряжения на резисторе *R12*, транзистор *VT1* откроется и откроет транзистор *VT2*, протекающий коллекторный ток транзистора *VT2* создает на резисторе *R13* напряжение, которое за счет прямой обратной связи через конденсатор *C2* повышает потенциал базы транзистора *VT1*. Транзистор *VT2* полностью открывается. Обратная связь необходима для обеспечения релейного режима усилителя, так как при открывании транзистора *VT1* конденсатор *C1* начинает разряжаться и транзистор *VT2* может закрыться, не включив резистор *VS3*. При срабатывании транзистора *VT2* питание подается на управляющий электрод тиристора *VS3* (падение напряжения на *R14—R16*), который срабатывает и остается в открытом состоянии до снятия напряжения питания в цепи анод — катод. Резисторы *R14—R16* и конденсатор *C3* повышают устойчивость тиристора *VS3* в ждущем режиме. В качестве выходного усилителя мощности устройства использован усилитель на тиристоре *VS1*.

После срабатывания устройства У/ выдается сигнал на управляющий электрод тиристора *VS1* (падение напряжения на резисторах *R3*, *R4*), который открывается. Через тиристор *VS1* протекает ток, определяемый нагрузкой. Резистор *R3* и терморезистор *R4* повышают устойчивость работы тиристора *VS1* в ждущем режиме. Для повторного включения устройства выдержки времени необходимо отключить питание, и УВВ вернется в исходное положение.

Перед посадкой самолета выключатель ВГ-15К (*SA1*) устанавливают в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом срабатывает контактор ТКД201ДТ (*K*) и подготавливает схему к работе. При нажатии на тормозные педали увеличивается давление гидросмеси в тормозной системе. При давлении гидросмеси более 0,8 МПа срабатывают гидровыключатели *SP1*, *SP2* и подают питание на обмотки *YA1*, *YA1'*, *YA2*, *YA2'*, минус на которые замыкается через контакты микровыключателей датчиков *SR1*, *SR2*. При возникновении юза одного из колес срабатывает датчик *SR1* или *SR2* и подключает минус бортсети через УВВ на одну из обмоток *YA1*, *YA1'*, *YA2*, *YA2'*. При срабатывании гидравлического крана одновременно растормаживаются два симметричных колеса. При размыкании контактов микровыключателя датчика гидравлический кран обесточивается и колеса вновь затормаживаются. По периодическому загоранию желтых сигнальных ламп *H1*, *H2* контролируют работу схемы автоматического расторможения колес.

Для проверки датчиков УА-27М:

снимают с тормозных дисков колес восемь датчиков (электропроводку не отсоединяют);

убеждаются внешним осмотром в исправности их приводных валиков с храповиками;

вращением вручную поочередно приводного валика каждого датчика в направлении, указанном стрелкой на их корпусе, проверяют легкость их вращения: включают бортсеть самолета иод напряжение 27 В;

устанавливают выключатель ВГ-15К АВТОМАТ ТОРМОЗОВ на верхнем электрощитке пилотов в положение ВКЛЮЧЕНО;

переводят автоматы защиты АЗС-2 АВТОМАТ ТОРМОЗОВ в положение ВКЛЮЧЕНО;

поочередно вращают вручную (по направлению, указанному стрелкой на корпусе датчика) приводной валик каждого датчика задних колес левой и правой тележек шасси. Затем, резко останавливая валики (имитируя появление юза), убеждаются в работоспособности датчиков по характерному шелчку срабатывания соответствующего гидравлического крана и кратковременному загоранию сигнальных ламп АВТОМАТ ТОРМОЗОВ ЛЕВЫЙ, АВТОМАТ ТОРМОЗОВ ПРАВЫЙ при вращении валиков задних колес;

устанавливают автоматы защиты и выключатель ВГ-15К в положение ВЫКЛЮЧЕНО;

ставят на места датчики, закрепляют их и контрят винты.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие гидросистемы имеются на самолете Ту-134А?
2. Переключатель давления ПДМ-210. Как будет работать электросхема при отказе реле РСМ-1?
3. Электросхема управления шасси на самолете Ту-154Б. Каково назначение выключателя SA12?
4. Электросхема управления поворотом передней опоры на самолете Ту-154Б. Как будет работать электросхема при отказе реле K17?

## **СИСТЕМЫ САМОЛЕТНОЙ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ**

### Глава 10

## **СИСТЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАПУСКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Тип системы запуска определяется типом агрегата предварительной раскрутки ротора двигателя (типом стартера) и типом источника энергии. В качестве агрегатов предварительной раскрутки наиболее часто используются турбостартеры воздушные и работающие на топливе двигателя летательного аппарата, а также электрические стартеры.

Воздушный турбостартер представляет собой турбину осевого или радиального типа с большой частотой вращения, которая соединяется с валом двигателя через редуктор с большим передаточным отношением. Источником сжатого воздуха могут быть: аэродромные или бортовые баллоны; аэродромные компрессорные установки или вспомогательные газотурбинные установки, размещаемые на борту самолета.

Турбостартер — небольшой газотурбинный двигатель, который сам запускается от электрического стартера, а после выхода на рабочий режим раскручивает ротор запускаемого двигателя за счет избыточной мощности, развиваемой турбиной.

Запуск газотурбинных двигателей осуществляют от стартеров-генераторов. Основное преимущество стартера-генератора состоит в том, что вместо двух агрегатов (стартера и генератора) на двигатель устанавливается один агрегат, который при запуске выполняет функции стартера, а после запуска двигателя — генератора.

### **10.2. СИСТЕМА ЗАПУСКА ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

На самолете Ту-154Б установлено три двигателя НК-8-2У, расположенных в хвостовой части фюзеляжа (на самолете Ту-154М установлены двигатели Д-30КУ). Изменение режима работы двигателей осуществляется рычагами управления двигателями (РУД), установленными на центральном двигательном пульте пилотов и пульте бортинженера. Работа двигателей контролируется приборами, расположенными на средней приборной доске пилотов и пульте бортинженера.

Двигатели № 1 и 3 оборудованы устройством, обеспечивающим реверс. Включение реверса двигателей осуществляется рычагами, установленными на РУД пульты пилотов. Останов двигателей производится рычагами, установленными на пульте бортинженера. Запуск двигателя производится автоматически с помощью стартера, приводимого в действие сжатым воздухом. Управление запуском осуществляется с пульта бортинженера.

На самолете имеется вспомогательная силовая установка (ВСУ), которая обеспечивает автономный запуск основных двигателей сжатым воздухом, автономное питание системы кондиционирования и питание электроэнергией бортсети самолета при неработающих двигателях. Управление ВСУ осуществляется с пульта бортинженера.

Система запуска ВСУ. Вспомогательная силовая установка является резервным источником питания при отказе всех генераторов на высоте до 3000 м. На аэродромах от ВСУ можно отбирать воздух в систему запуска и электроэнергию, отбирать воздух в систему кондиционирования и электроэнергию; в воздухе — отбирать электроэнергию переменного тока до 40 кВ·А. ВСУ состоит из газотурбинного двигателя ТА-6А серии 2М и генераторов ГС-12ТО постоянного и ГТ-40ПЧ6 переменного токов.

Система запуска двигателя автономная, автоматическая. Запуск производится с помощью стартер-генератора ГС-12ТО. Автоматика запуска и переключения ГС-12ТО со стартерного на генераторный режим обеспечивается автоматически панелями АПД-30А и ПСГ-6. Топливо подается через перекрывной (пожарный) электромагнитный кран подкачивающим насосом ЭЦН-319 из бака № 1.

Воздух поступает в отсек ВСУ через створку, которая управляется электромеханизмом МП-750ТВ (на самолете Ту-154М).

Система запуска ВСУ позволяет производить автоматический запуск двигателя на земле и в воздухе, холодную прокрутку двигателя, ложный запуск, прекращение процесса запуска.

Для питания стартер-генератора ГС-12ТО необходимы источники электроэнергии постоянного тока напряжением  $27 \text{ В} \pm 10\%$ , в качестве которых могут быть использованы наземные источники или аккумуляторные батареи 20-НКБН-25.

Система автоматического запуска также обеспечивает останов двигателя в следующих случаях:

заброс температуры газов за турбиной свыше  $700 \pm 8^\circ\text{C}$  (при запуске) или  $570 \pm 8^\circ\text{C}$  (после запуска) по сигналу аппаратуры СОТ-2 № 1;

падение давления масла менее 0,32 МПа на частоте вращения двигателя более 90% по сигналу от датчика МСТ-3,2;

заброс частоты вращения ротора двигателя более 105% по сигналу от тахосигнальной аппаратуры ТСА-6М;

пожар в отсеке двигателя ВСУ по сигналу срабатывания первой очереди пожаротушения.

*Принцип запуска.* Ротор авиадвигателя раскручивается стартер-генератором. По мере запуска двигателя ТА-6А частота вращения якоря увеличивается:

на 1-й с в цепь обмотки включается пусковой резистор, напряжение на обмотке якоря равно 3—5 В, происходит медленная раскрутка вала двигателя с выборкой люфтов редуктора, а также включается зажигание;

через 2 с пусковой резистор шунтируется, напряжение на обмотке якоря увеличивается до 27 В, что приводит к увеличению частоты вращения якоря стартер-генератора и ротора двигателя;

через 4 с включается пусковое топливо и частота вращения ротора увеличивается;

через 8 с включается рабочее топливо и регулятор тока РУТ-400ДТВ, при этом уменьшается магнитный поток обмотки возбуждения стартер-генератора, что приводит к увеличению частоты вращения якоря и ротора двигателя;

через 15 с отключается агрегат зажигания.

При частоте вращения ротора двигателя 45% стартер-генератор отключается и готовится к работе в генераторном режиме.

*Комплект системы запуска.* В систему запуска входят следующие агрегаты:

автоматическая панель двигателя АПД-30А (рис. 10.1), предназначенная для выдачи команд на включение и отключение агрегатов запуска по временной программе. На ее основании расположены программный механизм, реле ТКЕ52ПОДГ (*К1, К5, К6, К8, К11, К3*), ТКЕ54ПОДГ (*К2, К9*), ТКЕ56ПОДГ (*К4*), ТКЕ21ПОДГ (*К7, К12, К13, К14*), контактор ПКД-2010ДГ (*К10*), резисторы и диоды;

панель стартер-генератора ПГС-6, служащая для включения стартер-генератора на стартерный режим по командам от панели АПД-30А. На ее основании расположены контакторы ТКС-101КОД (*К1*), ТКС-601КОД (*К2*), ТКД-511КОД (*К3, К4*), реле ПКЕ-52ПОДГ (*К5*), регулятор тока РУТ-400ДТВ и резисторы;

тахосигнальная аппаратура ТСА-6М (рис. 10.2), служащая для измерения частоты вращения ротора двигателя и выдачи в систему запуска четырех сигналов;

электромеханизм управления створкой воздухозаборника МП-750ТВ (*29*). На самолете Ту-154Б установлено две створки и два электромеханизма;

электромеханизм управления выхлопной створкой МПК-13А-5 2-й серии (*30*);

электромеханизм управления створкой обогрева ВСУ МПК-13БТВ (*60*);

топливоподкачивающий насос ВСУ ЭЦН-319 (*57*);

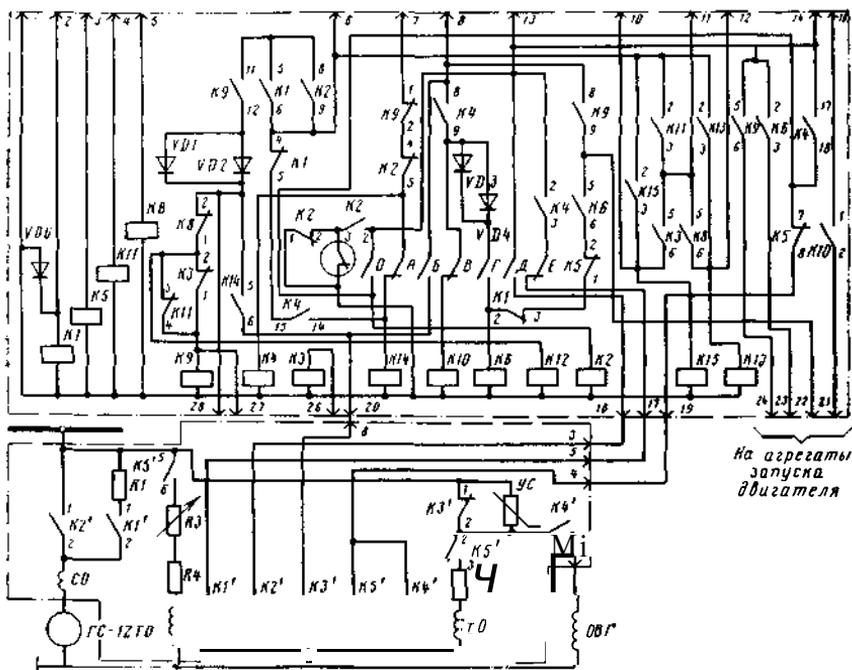


Рис. 10.1. Функциональная электрическая схема панелей АПД-30А и ПГС-6

сигнализаторы опасной температуры СОТ-2 № 1 и 2 (52, 53) Сигнализатор № 1 (ЗТ-570°С) обеспечивает выдачу электрического сигнала на блок БУС-1 для выключения двигателя при забросе температуры газов за турбиной до (700±8) °С (при запуске) или (570±8) °С (после запуска). Сигнализатор № 2 (ЗТ-100°С) обеспечивает выдачу электрического сигнала на блок БУС-1 для срезки топлива при запуске горячего двигателя с остаточной температурой газов за турбиной по указателю 100 °С;

блок управления сигнализаторами опасной температуры БУС-1 (24), который выдает электрические сигналы на реле сигнализации выхода двигателя на режим, на реле сигнализации предельной температуры газов за турбиной, а также обеспечивает выдачу сигналов на следующие агрегаты запуска; электромагнитный клапан МКТ-4-2, установленный на насосе 892АМ для снижения давления топлива в полостях насоса двигателя при полете самолета с неработающей ВСУ, а также на режиме ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА и в момент выключения двигателя; электромагнитный клапан МКТ-372 регулятора запуска 892А-1000БМ для срезки топлива при запуске горячего двигателя; электромагнитный клапан МКТ-4-2 регулятора запуска 892А-1000БМ для увеличения подачи топлива в основной коллектор;



пульт запуска, на котором установлены: главный переключатель пуска ППГ-15К (SA11), выключатель ЗАПУСК — ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА ВГ-15К (SA18), кнопка запуска КНР (SB36), кнопка прекращения запуска КНЗ (SA20), переключатель управления электромеханизмом отбора воздуха от компрессора двигателя ПНГ-15К (SAW);

аппаратура управления и сигнализации.

В систему запуска также входят следующие агрегаты, установленные на двигателе: стартер-генератор ГС-12ТО 3-й серии (47); клапаны стравливания топлива МКТ-4-2, распределения топлива МКТ-4-2, регулятора запуска МКТ-372, пускового топлива МКТ-17М, рабочего топлива МКВ-251; сигнализатор давления масла МСТ-3,2; датчик тахосигнальной аппаратуры ДТЭ-5Т; электромеханизм МПК-13ВТВ управления заслонкой отбора воздуха от компрессора двигателя ВСУ.

*Электрическая схема запуска ВСУ* работает следующим образом. При подготовке к запуску переключатель SA11 устанавливается в положение ЗАПУСК. Напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (SF1), переключатель SA11, контакты 5—4 реле ТКЕ52ПОДГ (K19) поступает на блок БЗУ, который размыкает цепь включения генератора переменного тока, и на обмотку реле ТКЕ52ПОДГ (K43), которое, срабатывая, включает электромеханизм МПК-13ВТВ на закрытие заслонки отбора воздуха. При этом переключается микровыключатель в нем, подготавливая цепь включения сигнальной лампы ГОТОВ К ЗАПУСКУ.

Напряжение бортсети через переключатель SA11, кнопку SB20, контакты реле ТКЕ21П1Г (K23) и ТКЕ54ПОДГ (K37) поступает на вывод 6 панели АПД-30А. Реле K23 предназначено для останова ВСУ по предельной температуре. Напряжение бортсети через переключатель SA11 поступает на реле ТКЕ52ПОДГ (K13), включение клапана стравливания топлива МКТ-4-2 и блокировки открытия заслонки обогрева отсека ВСУ, на блок БУС-1 и сигнализатор СОТ-2 № 1.

Напряжение бортсети через переключатель SA11, контакты реле K37 (останов ВСУ при пожаре) поступает на обмотки реле ТКД12ПОДГ (K25) и ТКЕ52ПОДГ (K28). Реле K25, срабатывая, замыкает цепь питания электромеханизма 29 на открытие створки воздухозаборника. Когда створка будет открыта, замыкаются контакты микровыключателя в электромеханизме 29 и срабатывает реле ТКЕ21ПОДГ (K26). Реле K28, срабатывая, замыкает цепь питания электромеханизма 30 на открытие выхлопной створки ВСУ. Когда створка будет открыта, замыкаются контакты микровыключателя в электромеханизме 30, и напряжение бортсети через контакты реле K28, микровыключатель электромеханизма 30 поступает на сигнальную лампу СТВОРКИ ОТКРЫТЫ и через микровыключатель электромеханизма МПК-13ВТВ — на кнопку запуска SB36 и сигнальную лампу ГОТОВ К ЗАПУСКУ.

Выключатель *SA18* устанавливают в положение ЗАПУСК, и напряжение бортсети поступает:

на обмотку реле ТКЕ52ПОДГ (*K12*), которое, срабатывая, замыкает цепь питания перекрытого крана 610.200А (22) подачи топлива ВСУ;

на тахосигнальную аппаратуру ТСА-6М;

через контакты реле *K37* на обмотку контактора ТКД2010ДГ (*K56*) включения топливного насоса ЭЦН-319 ВСУ, при этом загорается сигнальная лампа Р ТОПЛИВА;

на вывод 8 панели АПД-30А.

На 1-й секунде запуска после нажатия кнопки запуска *SB36* напряжение бортсети через кнопку запуска, вывод 7 панели АПД-30А, контакты 1—2 реле *K9*, контакты 4—5 реле *K2* подается на обмотки реле *K4*, *K14*, которые срабатывают. При этом напряжение бортсети подается:

через автомат защиты *SF1*, переключатель *SA11*, кнопку *SB20*, контакты реле *K23* и *K37*, вывод 6 панели АПД, контакты 4—5 реле *K1*, контакты 15—14 реле *K4*, микровыключатель *A* на блокировку реле *K4* (кнопку *SB36* можно отпустить);

через автомат защиты АЗСГК-15 (*SF5*), вывод 14 панели АПД, контакты 17—18 реле *K4* на обмотку реле *K2*, которое, срабатывая, контактами 3—2 включает двигатель программного механизма;

через контакты 17—18 реле *K4*, контакты 7—8 реле *K5*, вывод 19 панели АПД, вывод 4 панели ПСГ на обмотки реле *K4'* и *K5'*. Реле *K4'*, срабатывая, отключает обмотку возбуждения стартер-генератора ГС-12ТО от угольного столба регулятора напряжения РН-180М\* и подключает ее на бортсеть, подготавливая стартер-генератор для работы в стартерном режиме, реле *K5'*, срабатывая, подготавливает к работе регулятор тока;

через автомат защиты *SF5*, контакты 2—3 реле *K4*, микровыключатель *E*, вывод 17 панели АПД и вывод 5 панели ПСТ на обмотку реле *K1'*, которое, срабатывая, включает обмотку якоря стартер-генератора на бортсеть через пусковой резистор *R1*, и происходит медленная раскрутка ротора двигателя с выборкой люфтов редуктора. Последовательно в цепь обмотки якоря включена серийная обмотка регулятора тока;

через автомат защиты *SF1*, переключатель *SA11*, выключатель *SA18*, вывод 8 панели АПД, контакты 8—9 реле *K4*, микровыключатель *B* на обмотку реле *K10*, которое срабатывает. Напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-5 (*SF4*), вывод 16 панели АПД, контакты 1—2 реле *KЮ*, вывод 21 панели АПД подается на агрегат зажигания, а также включается электромагнитный клапан МКТ-372 регулятора запуска. Таким обра-

---

\*\* На самолетах Ту-154Б-2 стартер-генератор ГС-12ТО работает только в стартерном режиме.

зом включается агрегат зажигания, раскручивается ротор двигателя, работает программный механизм;

через 2 с переключаются микровыключатели *О* и *Д*. Напряжение бортсети через микровыключатель *О* повторно поступает на обмотку реле *К2*. Это необходимо для полной отработки программы.

Напряжение бортсети через микровыключатель *Д*, вывод 18 панели АПД и вывод 3 панели ПСГ поступает на обмотку реле *К2'*, которое, срабатывая, шунтирует пусковой резистор *Р1*, и напряжение на обмотке якоря увеличивается до 27 В, что приведет к увеличению частоты вращения якоря.

Через 4 с переключается микровыключатель *Г*. Напряжение бортсети через вывод 8 панели АПД, контакты 8—9 реле *К4*, диоды *VD3*, *VD4*, микровыключатель *Г* подается на обмотку реле *К6*, которое, срабатывая, контактами 2—3 через вывод 23 панели АПД включит электроклапан МКТ-17М пускового топлива.

Через 5 с переключается микровыключатель *Е* и размыкает цепь питания обмотки реле *К1'* в панели ПСГ, при этом выключается пусковой резистор *Р1*.

Через 8 с переключается микровыключатель *Б*. Напряжение бортсети через вывод 8 панели АПД, микровыключатель *Б*, контакты 6—5 реле *К14*, контакты 2—1 реле *К8*, контакты 5—4 реле *К11* или контакты 2—1 реле *К3* поступает на обмотку реле *К9*, которое, срабатывая, контактами 5—6 через вывод 24 панели АПД включает электроклапан МКВ-251 рабочего топлива. Напряжение через вывод 6 панели АПД, контакты 9—8 реле *К2*, контакты 11—12 реле *К9*, диоды *VD1*, *VD2*, контакты 2—1 реле *К8*, контакты 2—1 реле *К3* или контакты 5—4 реле *К11* поступает на блокирование реле *К9*. Напряжение бортсети через микровыключатель *Б*, вывод 20 панели АПД, вывод 8 панели ПСГ поступает на обмотку реле *К3'*, которое, срабатывая, расшунтирует угольный столб регулятора тока. Регулятор тока вступит в работу.

Регулятор тока состоит из угольного столба, электромагнита и якоря с пружиной. Угольный столб включается последовательно в цепь обмотки возбуждения. Электромагнит имеет три обмотки: серийную, управляющую и стабилизирующую. Серийная обмотка включается последовательно в цепь обмотки якоря и создает основной магнитный поток. Управляющая обмотка включается на напряжение бортсети через резисторы *Р3*, *Р4*, контакты 5—6 реле *К5'* и служит для настройки регулятора. Ее магнитный поток направлен согласно серийной обмотке. Стабилизирующая обмотка включена параллельно обмотке возбуждения стартер-генератора через резистор *Р2* и контакты 2—3 реле *К5'*. Магнитный поток стабилизирующей обмотки направлен встречно магнитному потоку серийной обмотки. Она служит для уменьшения времени переходного процесса. По мере раскрутки вала двигателя потребляемый ток стартер-генератора уменьшается, следовательно,

уменьшается ток и магнитный поток серийной обмотки регулятора тока, давление на угольный столб уменьшается, его сопротивление увеличивается, что приводит к уменьшению тока возбуждения и увеличению частоты вращения якоря. Таким образом регулятор тока автоматически увеличивает частоту вращения якоря стартер-генератора при увеличении частоты вращения двигателя.

Через 15 с переключается микровыключатель *B* и выключается реле *K10*, которое выключает агрегат зажигания и электромагнитный клапан МКТ-372 регулятора запуска.

Если частота вращения ротора двигателя не достигла 45% за 32 с, то переключается микровыключатель *A* и размыкает цепь блокирования реле *K4*, при этом выключаются все агрегаты запуска и стартер-генератор ГС-12ТО отключается от сети.

Если частота вращения ротора двигателя достигла 45% за время менее 32 с, то по сигналу от преобразователя тахосигнальной аппаратуры ТСА срабатывает реле *K1* в панели АПД и контактами 5—4 размыкает цепь блокирования реле *K4*, при этом стартер-генератор ГС-12ТО отключается от сети. Реле *K6* включения электроклапана пускового топлива получает питание через вывод 8 панели АПД, контакты 8—9 реле *K9*, контакты 5—6 реле *K6*, контакты 2—1 реле *K5*, контакты 2—3 реле *K1*.

При частоте вращения ротора двигателя 70% по сигналу от преобразователя тахосигнальной аппаратуры ТСА сработает реле *K5* в панели ЛПД и контактами 2—1 выключит реле *K6*, которое обесточит электроклапан пускового топлива.

При частоте вращения ротора двигателя 90% по сигналу преобразователя ТСА срабатывает реле *K11* в панели ЛПД и напряжение бортсети через контакты 3—2 реле *K11*, вывод 11 панели АПД и блок БУС-1 подается на обмотку реле *K19*, которое срабатывает, и на электромагнитный клапан МКТ-4-2 распределителя топлива, который увеличивает подачу топлива в основной коллектор двигателя. Реле *K19* выключает реле *K43*, которое замыкает цепь питания электромеханизма МПК-13ВТВ на открытие заслонки отбора воздуха от переключателя ручного управления *SAW*. Кроме того, реле *K19* снимает блокировку с блока БЗУ (генератор переменного тока можно включить на бортсеть) и включает сигнальную лампу Выход на режим.

Контактами 5—4 реле *K11* размыкает параллельную цепь питания обмотки реле *K9*, но оно не выключается, так как получает питание через контакты 2—1 реле *K3*.

Через 44 с в исходное положение переключается микровыключатель *O*, при этом выключается реле *K2* и двигатель программного механизма Д-2РТ. После подогрева двигателя ТА-6Л 2-й серии можно запускать основные двигатели.

В схеме предусмотрены аварийные режимы работы. При частоте вращения ротора двигателя 105% по сигналу от преобразователя ТСА срабатывает реле *K8* и контактами 2—1 выключит

реле *K9*, при этом выключится клапан рабочего топлива. Напряжение бортсети через вывод 6 панели АПД, контакты 3—2 реле *K11*, контакты 5—6 реле *K8* подается на обмотку реле *K13* и лампу ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОБОРОТЫ. Реле *K13*, срабатывая, блокируется через свои контакты 2—3 (по этой цепи блокируется цепь питания лампы ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОБОРОТЫ).

При уменьшении давления масла менее 0,32 МПа при частоте вращения ротора двигателя более 90% срабатывает сигнализатор МСТ-3,2. Напряжение бортсети через клемму 6 панели АПД, контакты 11—12 реле *K9*, диод *VD1* и *VD2*, выводы 28, 26 панели АПД, контакты сигнализатора подается на обмотку реле *K3*, которое, срабатывая, контактами 2—1 размыкает цепь блокировки реле *K9*, при этом выключается электроклапан рабочего топлива. Напряжение бортсети через контакты 3—2 реле *K11*, контакты 5—6 реле *K3* подается на обмотку реле *K15*, которое, срабатывая, блокируется через свои контакты 2—3 и по этой цепи включает сигнальную лампу *P* МАСЛА.

Для останова ВСУ нажимают кнопку *SB20*, при этом размыкается цепь блокировки реле *K9* и отключается электроклапан рабочего топлива, а во время запуска отключается цепь блокировки реле *K4*, и все агрегаты запуска отключаются.

При установке переключателя *SA11* в положение ВЫКЛЮЧЕНО напряжение бортсети поступает на обмотку реле ТКД12ПОДГ (*K14*) и ТКЕ52ПОДГ (*K27*), которые, срабатывая, включают электромеханизмы 29 и 30 на закрытие створок воздухозаборника и выхлопной трубы.

Для холодной прокрутки двигателя выключатель *SA18* ставят в положение ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА и нажимают кнопку запуска *SB36*. При этом схема работает так же, как и при запуске, за исключением того, что не включаются: преобразователь ТСА, агрегат зажигания и регулятор тока РУТ-400ДТВ, не подается пусковое и рабочее топливо. Холодная прокрутка длится 32 с, при этом частота вращения ротора двигателя составляет  $21 \pm 2\%$ .

Порядок работы системы при консервации двигателя отличается от режима запуска тем, что не включается агрегат зажигания. Для этого необходимо отсоединить штепсельный разъем от агрегата зажигания или выключить автомат защиты АЗСГК-5 ЗАЖИГАНИЕ ВСУ в РК ВСУ-РАП.

Запуск основного двигателя НК-8-2У. Запуск автономный, автоматический и осуществляется от стартера, приводимого в действие сжатым воздухом. Источником сжатого воздуха служит ВСУ или работающий основной двигатель, или наземная установка. Управление запуском и контроль осуществляются с пульта бортинженера. Двигатели запускают поочередно в любой последовательности.

Система автоматического управления запуском САУЗ-154 обеспечивает запуск двигателя на земле, в полете, консервацию, хо-

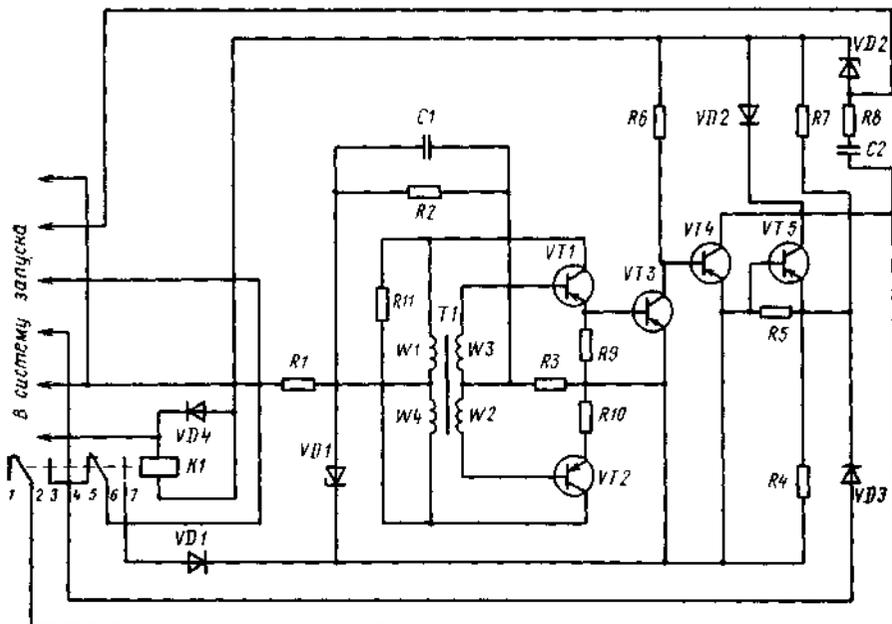


Рис. 10.3. Принципиальная электрическая схема импульсатора тока И-2

лодную прокрутку и прекращение процесса запуска. Время выхода двигателя на режим малого газа не более 80 с. В состав системы запуска основного двигателя входят: импульсатор И-2, панель двигателя автоматическая ПДА-154, пульт запуска и агрегаты, установленные на двигателе.

Импульсатор И-2 (рис. 10.3) предназначен для включения электроклапана пускового топлива в импульсный режим, чем повышается надежность запуска двигателя в полете и на земле при температуре окружающей среды ниже 0°C.

#### Основные технические данные импульсатора И-2

Напряжение питания, В	27
Ток нагрузки, А	2
Скважность импульсов	0,5
Частота включений, Гц	1
Режим работы	повторно-кратковременный

Импульсатор И-2 — мощный низкочастотный генератор, состоящий из маломощного двухтактного автогенератора и двух каскадов усиления.

Генератор представляет собой транзисторный автогенератор с трансформаторной обратной связью. Он питается от бортсети постоянного тока стабилизированным напряжением, которое обеспе-

чивает стабилитрон *VD1*. При установке выключателя *SA3* в положение ПОДОГРЕВ и после срабатывания реле *K16* в панели ПДА-154 напряжение бортсети поступает на обмотку реле *K1*, которое срабатывает и контактами *2—3* подключает электроклапан пускового топлива на выход импульсатора, а контактами *6—7* подает питание в его схему.

В первый момент ток протекает через резистор *R9*, транзистор *VT1*, обмотку *W1* трансформатора *T1*, резистор *R1* на минус бортсети. Ток протекает через резистор *R10*, транзистор *VT2*, обмотку *W4*, резистор *R1* на минус бортсети. Так как транзисторы имеют некоторый разброс параметров, токи, протекающие через них, неодинаковы. Предположим, что ток, протекающий через транзистор *VT1*, несколько больше тока, протекающего через транзистор *VT2*. Сердечник трансформатора будет намагничиваться результирующим током и в обмотках обратной связи будет наводиться ЭДС, минусом приложенная на базу транзистора *VT1*, а плюсом — на базу транзистора *VT2*. Транзистор *VT1* будет открываться, а транзистор *VT2* закрываться. Такой процесс происходит лавинообразно до насыщения транзистора *VT1* или сердечника трансформатора. В момент насыщения ЭДС обратной связи равна нулю, транзистор *VT2* начинает открываться и в обмотках обратной связи *W2*, *W3* индуцируется ЭДС, которая минусом приложена на базу транзистора *VT2*, а плюсом — на базу транзистора *VT1*. Транзистор *VT1* закрывается, а транзистор *VT2* открывается до насыщения. В дальнейшем процесс работы повторяется.

Для устойчивого запуска автогенератора на базы транзисторов *VT1*, *VT2* подается небольшое отрицательное смещение с делителя (резисторы *R2*, *R3*). Сигнал с выхода автогенератора поступает на вход усилителя, собранного на транзисторах *VT3—VT5*. Нагрузкой усилителя является электроклапан пускового топлива, который работает в импульсном режиме. Диод *VD2*, включенный параллельно обмотке электроклапана пускового топлива, служит для замыкания через него токов, вызванных ЭДС самоиндукции обмотки электроклапана.

Диод *VD3* и резистор *R7* образуют делитель напряжения, который предназначен для создания незначительного положительного смещения на базах транзисторов *VT4*, *VT5*, чем обеспечивается их надежное закрытие.

Устройство для контроля представляет собой дифференциальную цепочку (резистор *R8*, конденсатор *C2*). Импульсы отрицательной полярности, стабилизированные стабилитроном *VD2*, с амплитудой 5 В поступают на вывод штепсельного разъема.

Автоматическая панель двигателя ПДА-154 служит для автоматического управления процессом запуска. Для регламентации процесса запуска по времени в панели ПДА-154 установлены четыре полупроводниковых узла выдержки времени (УВВ).

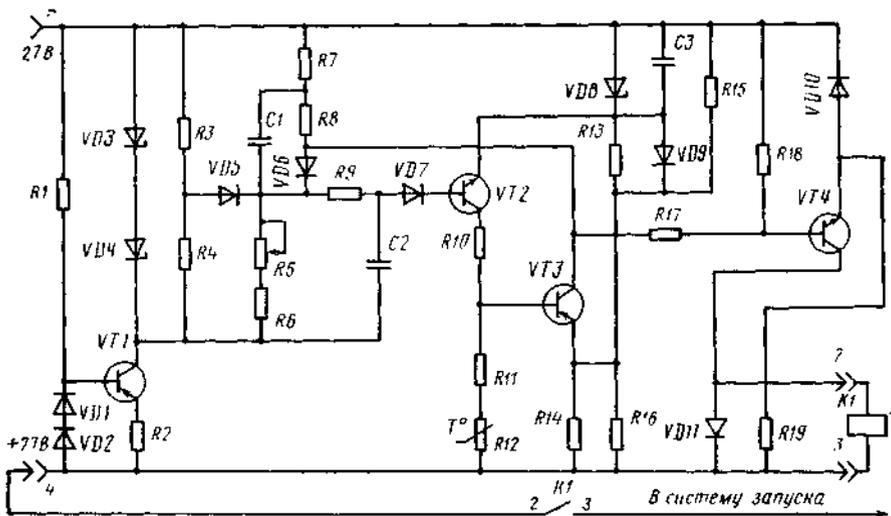


Рис. 10.4. Принципиальная электрическая схема узла выдержки времени системы запуска авиадвигателя на самолете Ту-154Б

Для регламентации процессов по частоте вращения ротора двигателя имеются два полупроводниковых реле РБП-1Ф.

Принцип действия УВВ (рис. 10.4) основан на разряде через резисторы  $R_6$ ,  $R_5$ ,  $R_9$  предварительно заряженного конденсатора  $C_2$  и сравнения уровня напряжения на нем с опорным напряжением на стабилитроне  $VD_8$ . Время выдержки отсчитывается от момента подачи напряжения на вход УВВ (на вывод 3) до момента включения исполнительного реле, подключенного к выводам 2 и 3.

Схема УВВ содержит:

стабилизатор напряжения (стабилитроны  $VD_3$ ,  $VD_4$ ) для питания мостовой схемы;

стабилизатор тока (транзистор  $VT_1$ , диоды  $VD_1$ ,  $VD_2$ , резисторы  $R_1$ ,  $R_2$ ) для стабилизации тока, протекающего через стабилитроны  $VD_3$ ,  $VD_4$ ;

временязадающую цепь (конденсатор  $C_2$ , резисторы  $R_6$ ,  $R_5$ ,  $R_9$ ), включенную в стабилизированную мостовую схему с диодом  $VD_7$  в диагонали моста;

релейный полупроводниковый усилитель (транзисторы  $VT_2$ ,  $VT_3$ , резисторы  $R_{10}$ — $R_{12}$ ,  $R_{14}$ ,  $R_{16}$ ) с гибкой положительной обратной связью по напряжению, выполненной на резисторах  $R_7$ ,  $R_8$  и конденсаторе  $C_1$ ;

выходной усилитель (транзистор  $VT_4$ , резисторы  $R_{17}$ ,  $R_{18}$ );

цепь смещения выходного усилителя (диод  $VD_{10}$ , резистор  $R_{19}$ ).

Диод  $VD11$  защищает выходной усилитель от токов, вызванных ЭДС самоиндукции обмотки реле  $K1$ .

Узел выдержки времени работает следующим образом. В исходном положении напряжение питания подается на выводы  $1, 4$ . При этом стабилизированное напряжение со стабилитронов  $VD3, VD4$  прикладывается к резисторам  $R3, R4$ . С целью стабильности и выдержки времени напряжение питания на выводы  $1, 4$  должно быть подано заранее, до момента подачи напряжения питания на вывод  $3$ , чтобы конденсатор  $C2$  зарядился по цепи: плюс стабилизированного источника питания, конденсатор  $C2$ , диод  $VD7$ , переход база — эмиттер транзистора  $VT2$ , диод  $VD9$ , резистор  $R15$ , минус.

При подаче напряжения на вывод  $3$ , т. е. сигнала на включение УВВ, на стабилитроне  $VD8$  устанавливается опорное напряжение, которым закрывается переход база — эмиттер транзистора  $VT2$ . С этого момента начинается разряд конденсатора  $C2$  через резисторы  $R6, R5, R9$ , и потенциал базы транзистора  $VT2$  повышается. Когда потенциал базы превысит потенциал эмиттера, транзистор  $VT2$  откроется. При этом уменьшится потенциал базы транзистора  $VT3$ , и он откроется. Через резисторы  $R8, R7$  протекает коллекторный ток транзистора  $VT3$ . Ток коллектора создает падение напряжения на резисторе  $R8$ , которое через диод  $VD6$  повышает потенциал базы транзистора  $VT2$ , что в свою очередь вызовет еще большее увеличение коллекторного тока транзистора  $VT3$ . Процесс происходит лавинообразно до насыщения транзисторов  $VT2, VT3$ .

Транзисторы  $VT2, VT3$  переводят выходной транзистор  $VT4$  из закрытого состояния в открытое, и минус питания замыкается на вывод  $2$ . Во включенном состоянии УВВ удерживается за счет са" моблокировки релейного усилителя. При отключении питания с вывода  $3$  снимается питание со стабилитрона  $VD8$  и релейного полупроводникового усилителя. Конденсатор  $C2$  начинает заряжаться, и схема приходит в исходное состояние. Время подготовки к повторению следующего цикла определяется только временем заряда конденсатора  $C2$ . На вывод  $2$  подключается обмотка электромагнитного реле, которое, срабатывая, выдает команду по времени в систему запуска.

Реле бесконтактное полупроводниковое РБП-1Ф (рис. 10.5) функционирует следующим образом. Входным сигналом схемы выдачи команд по частоте вращения ротора двигателя является переменное напряжение тахогенераторов ТГ-6Т с частотой от до  $765$  Гц. Выходным сигналом является напряжение постоянного тока, которое подается на обмотки исполнительных реле  $K12, K13$ . Параметры первого резонансного контура реле РБП-1Ф выбраны таким образом, что явление резонанса напряжения возникает в нем при частоте  $124$  Гц. При этом частота вращения ротора двигателя равна  $1240$  мин<sup>-1</sup>. Резонанс во втором контуре наступает

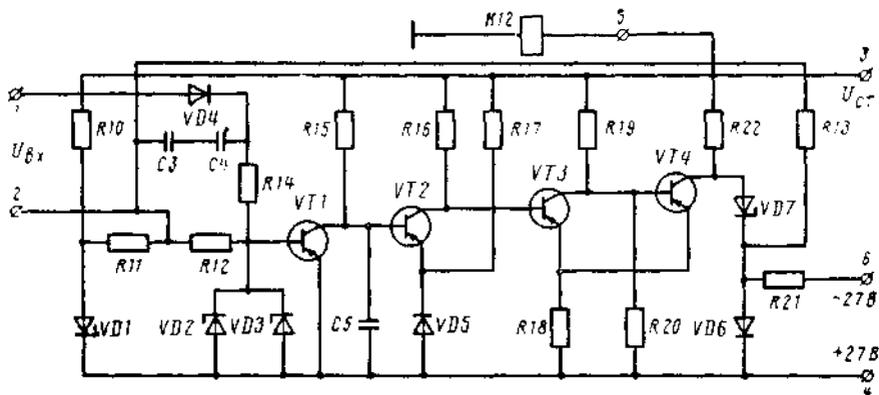


Рис. 10.5. Принципиальная электрическая схема реле РБП-1Φ

при частоте 310 Гц, при этом частота вращения ротора двигателя составляет  $3100 \text{ мин}^{-1}$ . Точная настройка на срабатывание при определенной частоте вращения тахогенератора ТГ-6Т осуществляется регулировочными потенциометрами.

Входной сигнал с резонансных контуров идет через выводы 1, 2, а стабилизированное напряжение питания — через выводы 3, 4. Выходное исполнительное реле подключено на вывод 5. Минус источника питания замыкается через вывод 6. Входной сигнал выпрямляется диодом  $VD4$  и подводится на базу транзистора  $VT1$  через делитель напряжения (резисторы  $R14$ ,  $R12$ ), который совместно с конденсаторами  $C3$ ,  $C4$  составляет сглаживающий фильтр. Стабилитроны  $VD2$ ,  $VD3$  ограничивают максимально возможный сигнал на предварительном каскаде усиления, выполненном по схеме с общим эмиттером на транзисторе  $VT1$ . В исходное состояние транзистор  $VT1$  открыт. Открытое состояние обеспечивается стабилизированным напряжением от источника смещения. Источник смещения — параметрический стабилизатор, выполненный на стабилитроне  $VD1$  и балластном резисторе  $R10$ .

Конденсатор  $C5$  снижает быстроту действия полупроводникового реле в момент резкого изменения напряжения питания. Полупроводниковый усилитель (транзистор  $VT2$ , резистор  $R16$ ) представляет собой инвертор. Диод  $VD5$  и резистор  $R17$  составляют цепь смещения на эмиттере транзистора  $VT2$ . Релейный усилитель состоит из двух транзисторов  $VT3$ ,  $VT4$  и представляет собой триггер. Номинальные значения резисторов  $R18$ ,  $R20$  выбраны так, что при изменении входного сигнала триггер может занимать два различных устойчивых состояния. При одном из них транзистор  $VT3$  закрыт,  $VT4$  открыт или наоборот. Резистор  $R22$  ограничивает ток в цепи нагрузки.

Для устранения влияния пульсаций выпрямленного входного сигнала на работу реле РБП-1Ф в схеме предусмотрена отрицательная обратная связь (стабилитрон *VD6*, балластный резистор *R21*, ограничительный резистор *R13*). При переходе выходного транзистора в режим насыщения обратная связь прекращает свое действие.

Реле РБП-1Ф работает следующим образом. В исходном состоянии транзисторы *VT1*, *VT3* открыты, а транзисторы *VT2*, *VT4* закрыты. При превышении выпрямленным входным сигналом напряжения смещения и обратной связи транзистор *VT1* закрывается. С уменьшением коллекторного тока транзистора *VT1* и переходом его в закрытое состояние уменьшается падение напряжения на резисторе *R15*, что вызывает снижение потенциала базы транзистора *VT2*, и он открывается. С переходом транзистора *VT2* в открытое состояние транзистор *VT3* переходит в закрытое. Коллекторный ток транзистора *VT3* падает, уменьшается падение напряжения на резисторе *R19*. Это вызывает уменьшение потенциала базы транзистора *VT4*, который открывается.

Нагрузкой транзистора *VT4* является обмотка электромагнитного реле, которое, срабатывая, выдает команду в систему запуска (рис. 10.6) по частоте вращения ротора двигателя. При уменьшении входного сигнала ниже напряжения смещения транзистора *VT1* схема возвращается в исходное состояние.

На основании панели ПДА-154 расположены электромагнитные реле ТКЕ54ПОДГ (*1K8*, *1K7*, *K16*), ТКЕ56ПОДГ (*K1*), ТКЕ21ПОДГ (*K14*, *K15*), ТКЕ24П1Г (*K2*, *K6*, *1K18*), ТКЕ22П1Г (*K11*, *K5*), ТКЕ102ПОДГ (*K12*, *K13*), ТКЕ52ПОДГ (*K4*, *K10*, *K22*), ТКД12ПОДГ (*1K9*), узлы выдержки времени (*У1—У4*), бесконтактное реле полупроводниковое БРП-1Ф (*У5*, *У6*), трансформаторы (*T1* и *T2*), диоды и резисторы.

На пульте запуска размещены главный выключатель ВГ-15К (*SA5*), выключатель подогрева пускового топлива ВГ-15К (*SA3*), кнопка запуска двигателей на земле КНР (*SB1*), кнопка прекращения запуска КНЗ (*SB4*), сигнальная лампа ПДА РАБОТАЕТ (*H2*), кнопка запуска в полете КНР (*SB1*), переключатель выбора запускаемого двигателя ПЗПНГ-15К (*SA8*) и переключатель ЗАПУСК — ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА — КОНСЕРВАЦИЯ ППНГ-15К (*SA6*).

На двигателе установлены стартер 82901000 (для раскрутки ротора двигателя), клапан включения топлива на рабочие форсунки МКТ-4-2, клапан включения топлива на пусковые форсунки МКТ-212, агрегат зажигания КНИСС-222 с запальными свечами СПН-43Т, подогреватель пускового топлива и тахогенератор ТГ-6Т (для выдачи напряжения переменного тока, частота которого изменяется пропорционально изменению частоты вращения ротора двигателя).

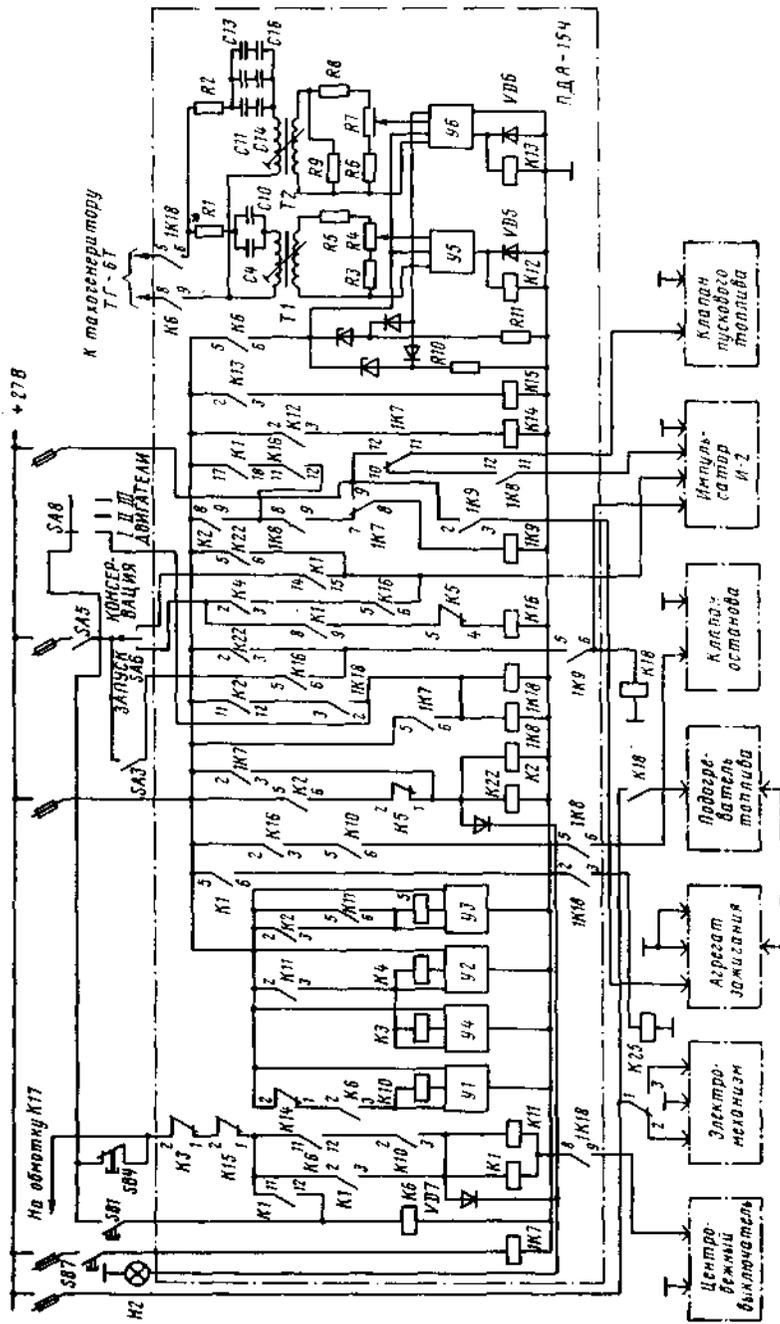


Рис. 10.6. Функциональная электрическая схема запуска двигателей НК-8-2У

Электрическая схема запуска основного двигателя работает следующим образом. При подготовке к запуску главный выключатель запуска *SA5* ставят в положение ВКЛЮЧЕНО, при этом напряжение бортсети через выключатель, кнопку *SB4* поступает на обмотку реле ТКЕ54ПОДГ *K17*, которое срабатывает и обеспечивает открытие обратных управляемых кранов для подачи сжатого воздуха на стартер двигателя, закрытие кранов наддува и блокирование реле *K9* в панели АПД-30А. Переключатель *SA6* (см. рис. 10.6) переводят в положение ЗАПУСК. Переключатель *SA8* выбора запускаемого двигателя устанавливают в положение ДВИГАТЕЛЬ I, при этом напряжение бортсети подается на обмотку реле *IK8*, *IK18*, которые срабатывают и готовят к запуску первый двигатель (при запуске двигателя II закрывают люк в канале воздухозаборника, а при запуске двигателя III — люк среднего багажника). Выключатель *SA3* устанавливают в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

В первую секунду запуска происходят следующие операции. При нажатии на кнопку *SB1* срабатывает реле *K6*. При этом оно подает напряжение бортсети своими контактами:

2—3 на устройство выдержки времени *У1*, которое начинает отсчет, и на обмотку реле *K10*;

5—6 на реле РБП-1Ф (*У5*, *У6*), а контактами 8—9 подключает тахогенератор ТГ-6Т двигателя I к резонансным контурам.

Через 0,5 с по команде от реле *У1* срабатывает реле *K10* и напряжение бортсети через выключатель *SA5*, кнопку *SB4*, контакты 2—1 реле *K3*, *K15*, контакты 11—12 реле *K6*, контакты 2—3 реле *KЮ* поступает на обмотки реле *K1*, *K11* и через диод *VD7* — на сигнальную лампу ПДА РАБОТАЕТ (*H2*). Минус бортсети на обмотки реле *K1*, *K11* замыкается через контакты 8—9 реле *IK18* и контакты центробежного выключателя.

Реле *K1* срабатывает и подает напряжение бортсети через:

кнопку *SB4*, контакты 2—1 реле *K3*, *K15*, контакты 11—12 реле *K1* на блокировку реле *K6* (кнопку запуска можно отпустить);

контакты 5—6 реле *K1*, контакты 2—3 реле *IK18* на обмотку реле *K25*. Реле *K25*, срабатывая, включает электромеханизм, открывающий заслонку. На стартер поступает сжатый воздух, происходит раскрутка вала двигателя;

переключатель *SA6*, контакты 8—9 реле *K1*, контакты 5—4 реле *K5* на обмотку реле *K16*, которое срабатывает и подключает бортсеть через свои контакты 2—3, контакты 5—6 реле *KЮ*, *IK8* на клапан останова, **который** перекрывает рабочее топливо;

контакты 17—18 реле *K1*, контакты 11—12 реле *K16*, контакты 8—9 реле *IK8*, контакты 7—8 реле *IK7* на обмотку реле *IK9*. Это реле срабатывает и контактами 2—3 включает агрегат зажигания.

Реле *K11* срабатывает и подает напряжение бортсети через контакты реле *K11*: 2—3 на обмотку реле *K3*, *K4* и УВВ (*У2*, *У4*); 5—6 на обмотку реле *K5* и блок УВВ (*У3*);

через 6 с по команде от УВВ (*У2*) срабатывает реле *K4*. Напряжение бортсети через переключатель *SA6*, контакты 2—3 реле *K4*, контакты 5—6 реле *K16*, контакты 4—5 реле *K1* импульсатора И-2, контакты 11—12 реле *1K8*, контакты 10—11 реле *1K7* подводится к клапану пускового топлива. Происходит запуск двигателя на пусковом топливе.

При частоте вращения ротора двигателя  $1240 \text{ мин}^{-1}$  наступает резонанс в первом контуре. По команде от реле *У5* срабатывает реле *K12*, и оно своими контактами 2—3 подает напряжение бортсети на обмотку реле *K14*. Реле *K14* срабатывает и контактами 2—1 отключает реле *K10* и УВВ (*У1*). Реле *K10* контактами 5—6 отключает клапан останова, и в двигатель поступает рабочее топливо.

При частоте вращения ротора двигателя  $3100 \text{ мин}^{-1}$  наступает резонанс во втором контуре. По команде от реле *У6* срабатывает реле *K13* и своими контактами 2—3 подает напряжение бортсети на обмотку реле *K15*. Это реле, срабатывая, контактами 2—1 размыкает цепь блокирования реле *K6*, *K1*, *K11* и лампы *H2*. Аналогично происходит запуск двигателей II и III.

Если частота вращения ротора двигателя не достигла  $3100 \text{ мин}^{-1}$ , через 60 с по команде от УВВ (*У4*) срабатывает реле *K3*. Оно своими контактами 2—1 размыкает цепь блокирования реле *K6*, *K1*, *K11*, и запуск двигателя прекращается.

При холодной прокрутке переключатель *SA6* ставят в положение ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА и нажимают на кнопку запуска *SB1*. Система работает, как и при запуске, но не подается пусковое и рабочее топливо и не включается агрегат зажигания. Продолжительность холодной прокрутки 60 с.

При консервации переключатель *SA6* переставляют в положение КОНСЕРВАЦИЯ и нажимают кнопку запуска. Схема работает, как и при запуске, однако агрегат зажигания не включается. Продолжительность консервации 60 с.

Для прекращения процесса запуска рычаги управления запуском на пульте бортинженера устанавливают в положение СТОП (при этом переключается рабочее топливо) и нажимают кнопку *SB4* прекращения запуска (при этом размыкается цепь блокирования реле *K6*, *K1*, *K11*), и запуск двигателя прекращается.

Когда самолет находится в полете, используют два вида запуска двигателя — ручной или автоматический. Для запуска двигателя в полете нажимают кнопку *SB7*. При ручном запуске, когда не горит лампа *H2*, кнопку *SB7* удерживают в нажатом положении не более 30 с. При этом срабатывает реле *1K7*, и оно подает напряжение бортсети через контакты:

9—8 на обмотку реле *1K9*, которое сработает и включит агрегат зажигания;

12—11 на клапан пускового топлива. Вал двигателя раскручивается за счет авторотации, и двигатель запускается.

Если лампа *H2* горит, кнопку *SB7* можно отпустить, при этом запуск будет происходить автоматически в такой последовательности.

Напряжение бортсети поступает через контакты:

2—3 реле *1K7* на обмотки реле *K2*, *K22*, которые сработают, и через диод *VD8* на сигнальную лампу *H2*;

5—6 реле *K2* и контакты 2—1 реле *K5* на блокирование реле *K2*, *K22*;

5—6 реле *1K7* на обмотки реле *1K8*, *1K18*. Они срабатывают и блокируются через контакты 11—12 реле *K2* и контакты 3—2 реле *1K18*;

2—3 реле *K2* на обмотку реле *K5* и на УВВ (*УЗ*), который начинает отсчет;

8—9 реле *K2* и *1K8*, контакты 7—8 реле *1K7* на обмотку реле *1K9*, при этом агрегат зажигания остается включенным;

2—3 реле *K22*, контакты 5—6 реле *1K9* на обмотку контактора *K18*. Он, срабатывая, включает подогрев пускового топлива;

5—6 реле *1K9* на реле *K1* импульсатора И-2, который обеспечивает импульсную работу клапана пускового топлива.

Через 35 с по команде УВВ (*УЗ*) срабатывает реле *K5* и своими контактами 2—1 размыкает цепь блокирования реле *K2*, *K22*. Они отключаются, и запуск двигателя прекращается.

**Запуск двигателя Д-30 КУ.** Система запуска обеспечивает: запуск двигателя на земле, запуск в полете, консервацию, холодную прокрутку и прекращение процесса запуска.

**Комплект системы запуска.** Пульт запуска. На пульте запуска установлены: главный выключатель запуска ВГ-15К (*SA8*), кнопка запуска двигателя на земле КНР (*SB12*), кнопка прекращения запуска КНЗ (*SB14*), сигнальная лампа АПД РАБОТАЕТ (*H21*), кнопка запуска в полете, КНР (*SB10*), переключатель выбора запускаемого двигателя ПЗПНГ-15К (*SA17*), выключатель ВГ-15К (*SA11*) ЗАПУСК — ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА.

Агрегаты, установленные на двигателе: центробежный выключатель запуска насоса регулятора НР-30КУ, который размыкает свои контакты, когда двигатель достигает частоты вращения ротора 41—44%; воздушный стартер СТВ-3П, на котором установлен электромагнит управления заслонкой постоянного давления подачи воздуха ЭМТ-707, и аварийный центробежный выключатель, который замыкает контакты при частоте вращения ротора двигателя 5600+200 мин<sup>-1</sup> (49%) и замыкает цепь питания обмотки реле ТКЕ52ПОДГ (*K29*), которое, срабатывая, блокируется, включает сигнальную лампу *H28* ОПАСНЫЕ ОБОРО-

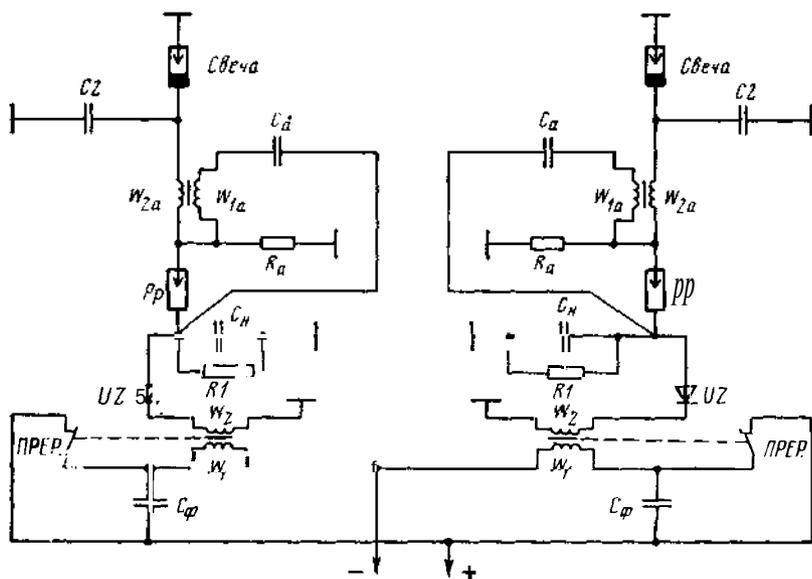


Рис. 10.7. Функциональная электрическая схема агрегата зажигания СКНА-22-2А

ТЫ СТАРТЕРА и выключает электромагнит ЭМТ-707 перекрывной заслонки, и подача воздуха на воздушный стартер прекращается.

*Агрегат зажигания СКНА-22-2А.* Принцип работы агрегата зажигания СКНА-22-2А представлен на рис. 10.7. При нарастании тока на первичной обмотке  $W_1$  индукционной катушки агрегата вокруг нее создается магнитный поток. При определенном значении магнитного потока якорь прерывателя (ПРЕР.), преодолевая сопротивление пружины, притягивается к сердечнику и размыкает цепь питания первичной обмотки. После этого первичная  $W_1$  и вторичная  $W_2$  обмотки катушки электромагнита представляют собой два связанных колебательных контура, в которых (благодаря запасенной энергии в первичной обмотке в момент отключения) происходят электрические колебания. При этом во вторичной обмотке  $W_2$  наводится ЭДС. Ток, протекая через селеновый выпрямитель, заряжает накопительный конденсатор  $C_n$ .

При уменьшении магнитного потока пружина прерывателя возвращается в первоначальное положение, вновь замыкая контакты прерывателя. При этом цепь первичной обмотки оказывается замкнутой, и процесс повторяется с периодичностью 600—1000 Гц. Через каждые 50—150 Гц накопительный конденсатор заряжается до пробивного напряжения разрядника  $P_p$ , примерно равного 1,5—2,5 кВ.

После пробоя разрядника происходят высокочастотные колебания в цепи, состоящей из конденсатора  $C_a$ , активизатора (этот конденсатор заряжается одновременно с накопительным конденсатором) и индуктивности активизатора—первичная обмотка  $W_{1a}$ . В результате этих колебаний во вторичной обмотке активизатора  $W_{2a}$  трансформируется напряжение, достаточное для пробоя рабочего промежутка свечи. Энергия, накопленная на накопительном конденсаторе  $C_2$ , выделяется на свече в виде емкостного разряда, который поджигает топливо. Процесс повторяется с частотой от 6 до 120 Гц.

*Автоматическая панель запуска АПД-55* предназначена для выдачи сигналов на включение и отключение агрегатов запуска по временной программе.

Основным элементом панели является программный механизм, который состоит из электродвигателя постоянного тока Д-2РТ с центробежным регулятором частоты вращения якоря, программных кулачков и микровыключателей *О, А, Б, В, Г*.

Для переключения программного механизма на ускоренную отработку программы установлен соленоид ЭМС-18Т. Кроме программного механизма, в панели установлены реле ПКЕ-54ПОДГ (*К1*), ПКЕ-56ПОДГ (*К2*), ПКЕ-54ПОДГ (*К3*), ПКД-201ДГ (*К4*), диоды и резисторы.

*Электрическая схема запуска* (рис. 10.8). Подготовка к запуску. Главный выключатель запуска *SA8* устанавливают в положение ЗАПУСК. При этом напряжение бортсети поступает через кнопку *SB14* на обмотку реле ТКЕ52ПОДГ (*К9*) управления заслонкой 3308Б подачи воздуха, минуя воздуховоздушный радиатор (ВВР) двигателя II во время запуска на земле, и на обмотку реле блокировки включения системы наддува и открытия управляемых обратных клапанов при запуске двигателя. Выключатель *SA11* установить в положение ЗАПУСК. Переключатель *SA17* выбора запускаемого двигателя установить в положение ДВИГАТЕЛЬ I (при запуске двигателя II необходимо закрыть люк в канале воздухозаборника, а при запуске двигателя III—люк среднего багажника).

При включении топливных насосов первого расходного бака срабатывают реле *К1'—К4'* и подготавливают систему к работе. Напряжение питания через выключатель *SA8* поступает на обмотку реле ТКЕ22ПОДГ (*К23*), которое, срабатывая, включает указатель давления воздуха в системе запуска.

На 1-й секунде запуска происходят следующие операции. При нажатии на кнопку *SB12* напряжение бортсети через выключатель *SA8*, контакты реле ТКЕ22П1Г (*К13*), кнопку *SB12*, переключатель *SA17*, контакты 2—1 реле *К1*, микровыключатель *А* поступает на обмотку реле *К2* и через контакты центробежного выключателя на минус, которое работает.

Напряжение бортсети через выключатель SA8, кнопку прекращения запуска SB14, контакты 2—3 реле K2, микровыключатель Л подводится на блокировку реле K2, и кнопку запуска можно отпустить (реле K13 срабатывает и замыкает свои контакты при включении автомата расхода топлива).

Напряжение бортсети подается через:

контакты 2—1 реле K3, контакты 17—18 реле K2 на сигнальную лампу АПД РАБОТАЕТ Н21 и через диоды VD1, VD2 на обмотку реле K1, которое, срабатывая, контактами 9—8 включает двигатель программного механизма (ПМ), а контактами 6—5 под-

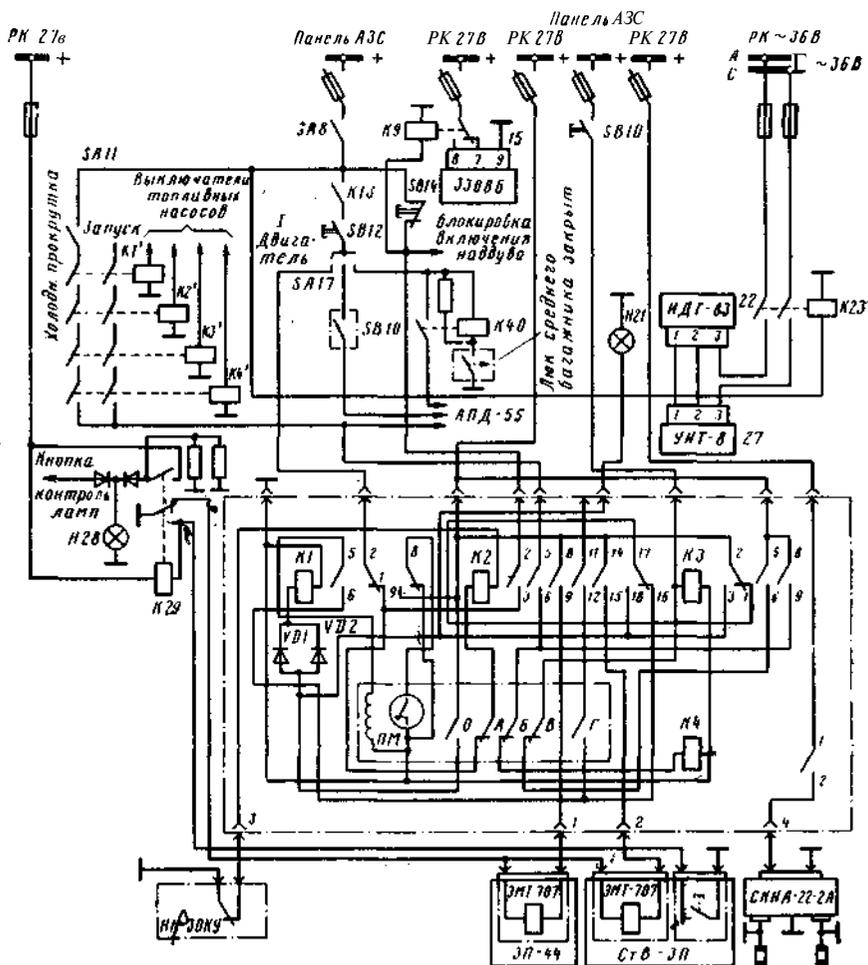


Рис. 10.8. Функциональная электрическая схема запуска двигателя Д-30КУ

готовавливает цепь включения электромагнитного соленоида для ускоренной обработки программы;

контакты 8—9 на электромагнит ЭМТ-707 перекрывной заслонки ЗП-44 и через контакты реле К29 на минус. Электромагнит, срабатывая, подготавливает подачу воздуха на стартер;

контакты 14—15 на электромагнит ЭМТ-707 заслонки постоянного давления стартера СтВ-ЗП и через контакты реле К29 на минус. Электромагнит, срабатывая, открывает заслонку подачи воздуха на стартер, и вал двигателя раскручивается;

выключатели SA8 и SA11, контакты реле К1'—К4', контакты 5—6 реле К2, микровыключатель Б на обмотку реле К4, которое, срабатывая, контактами 1—2 включает агрегат зажигания (эти операции происходят в течение 1 с).

Через 2 с переключается микровыключатель О и повторно выдает напряжение бортсети на обмотку реле К1 и лампу Н21. Это необходимо для полной обработки программы и возвращения программного механизма в исходное положение.

При достижении частоты вращения ротора второго каскада компрессора 7—8,5% переводят рычаг газа двигателя в положение ЗАПУСК, при этом в двигатель поступает топливо.

Через 25 с переключается микровыключатель Б, при этом отключается реле К4 и агрегат зажигания.

При оборотах двигателя  $4600+200 \text{ мин}^{-1}$  размыкает контакты центробежный выключатель запуска и отключает минус от обмотки реле К2, которое отключается, и запуск двигателя прекращается. Напряжение бортсети через контакты 2—1 реле К3, контакты 17—16 реле К2, контакты 6—5 реле К1 поступает на обмотку соленоида, и программный механизм ускоренно дорабатывает программу. Последним в исходное положение возвращается микровыключатель О, при этом отключается реле К1, двигатель программного механизма и лампа Н21. Аналогично запускаются двигатели II и III.

Если частота вращения ротора не достигла  $4600+200 \text{ мин}^{-1}$ , то через 55 с переключается микровыключатель А и размыкает цепь блокировки реле К2, при этом запуск двигателя прекращается, а программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

Холодная прокрутка. При холодной прокрутке рычаги газа установить в положение СТОП, выключатель SA11 — в положение ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА и нажать на кнопку запуска SA12. При этом схема работает так же, как и при запуске, за исключением того, что не включается топливо и агрегат зажигания.

Через 55 с переключается микровыключатель А и размыкает цепь блокировки реле К2, при этом холодная прокрутка двигателя прекращается, а программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

Прекращение процесса запуска. Для прекращения процесса запуска рычаги управления двигателем перевести в положение СТОП и нажать на кнопку *SB14*, при этом размыкается цепь блокировки реле *K2*, и запуск двигателя прекращается. Напряжение бортсети через контакты *2—1* реле *K3*, контакты *17—16* реле *K2*, контакты *6—5* реле *K1* поступает на обмотку соленоида и программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

Запуск в полете. При запуске в полете необходимо нажать на кнопку *SB10*, при этом напряжение бортсети через кнопку *SB10* поступает на обмотку реле *K3*, которое сработает. Напряжение бортсети через контакты *5—6* реле *K3*, микровыключатель *B* поступает на блокировку реле *K3*, и кнопку *SB10* можно отпустить. В дальнейшем запуск происходит автоматически.

Напряжение бортсети через контакты *2—3* реле *K3* поступает на сигнальную лампу АПД РАБОТАЕТ (*H21*) и через диоды *VD1*, *VD2* — на обмотку реле *K1*, которое, срабатывая, контактами *9—8* включает двигатель программного механизма, а контактами *6—5* подготавливает цепь включения соленоида. Напряжение бортсети через контакты *8—9* реле *K3*, микровыключатель *B* поступает на обмотку реле *K4*, которое, срабатывая, включает агрегат зажигания, и происходит запуск двигателя. Ротор двигателя раскручивается за счет авторотации.

Через 2 с переключается микровыключатель *O* и повторно подает напряжение бортсети на обмотку реле *K1*, это необходимо для полной отработки программы.

Через 25 с переключается микровыключатель *B*, при этом выключается реле *K4* и агрегат зажигания.

Через 45 с переключается микровыключатель *B*, при этом замыкается цепь блокировки реле *K3*, и запуск двигателя прекращается.

Напряжение бортсети через контакты *2—1* реле *K3*, контакты *17—16* реле *K2*, контакты *6—5* реле *K1* поступает на обмотку соленоида и программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

Если сигнальная лампа АПД РАБОТАЕТ (*H21*) не загорелась, то кнопку запуска *SB14* необходимо удерживать в нажатом положении 60 с, при этом срабатывают реле *K3*, *K4*, которые обеспечивают включение агрегата зажигания.

Запуск двигателя **Д-30** 2-й серии. Он обеспечивает автоматический запуск двигателя на земле, холодную прокрутку, консервацию и прекращение процесса запуска.

В систему запуска входят следующие агрегаты:

автоматическая панель двигателя АПД-55. Она предназначена для выдачи сигналов на включение и отключение агрегатов запуска по временной программе. Основным элементом панели является программный механизм, который состоит из электродвигателя

постоянного тока Д-2РТ с центробежным регулятором частоты вращения редуктора, программных кулачков и микровыключателей. Переключается программный механизм на ускоренную обработку программы соленоидом ЭМС-18Т. Кроме программного механизма, в панели установлены реле, диоды и резисторы;

агрегат зажигания СКНА-22-2А с двумя свечами СП-06ВП для воспламенения топливоздушная смеси в камерах сгорания двигателя при его запуске (он установлен на двигателе);

центробежный выключатель ЦР-2ВР (рис. 10.9), предназначенный для отключения системы запуска при частоте вращения ротора двигателя, равной  $4500 \pm 200 \text{ мин}^{-1}$ ;

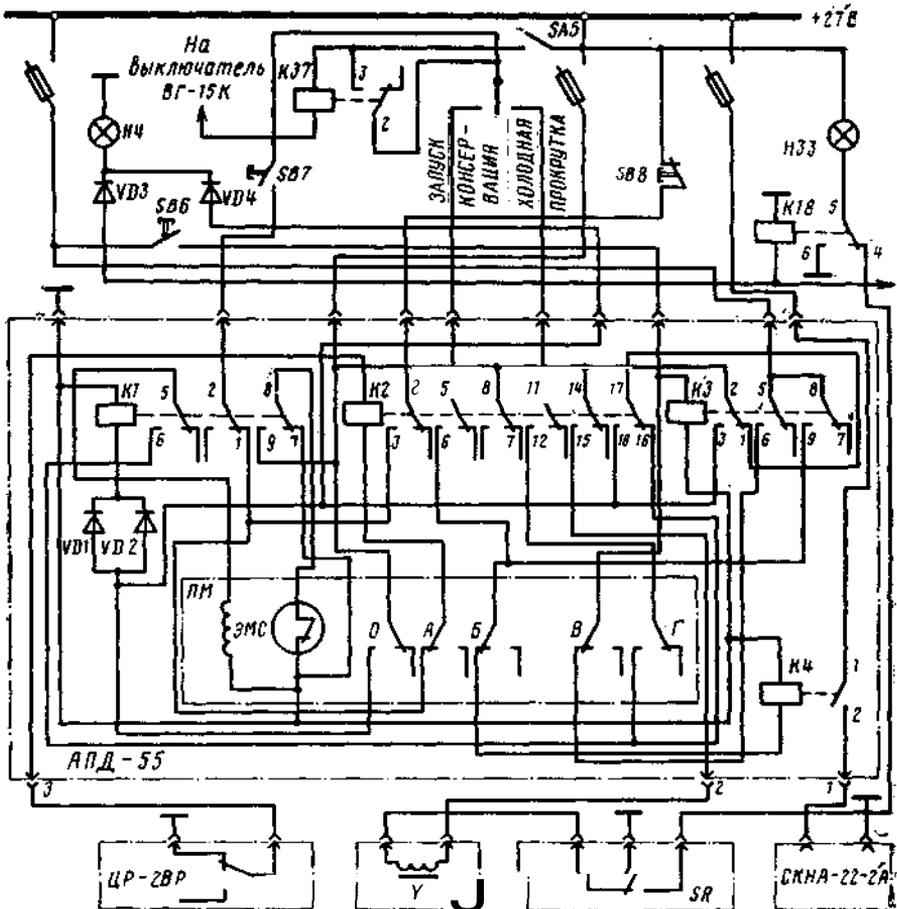


Рис. 10.9. Функциональная электрическая схема запуска двигателя Д-30 2-й серии

электромагнит воздушной заслонки, служащий для подачи сжатого воздуха на стартер;

пульт запуска, на котором установлены главный выключатель запуска 2ППНТ-К (*SA5*), переключатель ЗАПУСК — КОНСЕРВАЦИЯ — ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА ППНГ-15К (*SA3*), концевой выключатель запуска на земле А812В (*SB7*), концевой выключатель прекращения запуска А812В (*SB8*);

сигнальная лампа АПД РАБОТАЕТ СЛМ-61 (*H4*) и кнопка запуска в полете 204К (*SB6*) (они установлены на верхнем электропитке пилотов).

На панели АПД-55 установлены следующие реле: ПKE54ПОДГ (*K1*, *K2*), ПKE56ПОДГ (*K3*), ПKE2010ДГ (*K4*).

Электрическая схема запуска функционирует следующим образом. Перед запуском двигателей включают топливный насос, при этом минус бортсети замыкается на обмотку реле *K37*. Главный выключатель *SA5* переводят в положение ВКЛЮЧЕНО, при этом напряжение бортсети поступает на обмотку реле *K37*, которое сработает и подготовит систему к запуску. Переключатель *SA3* ставят в положение ЗАПУСК и кратковременно нажимают кнопку запуска *SB7*. Напряжение бортсети через выключатель *SA5*, контакты 3—2 реле *K37*, кнопку *SB7*, контакты 2—1 реле *K1*, микровыключатель *A* поступает на обмотку реле *K2*, которое срабатывает. Минус на обмотку реле *K2* замыкается через контакты выключателя ЦР-2ВР. Напряжение бортсети через кнопку прекращения запуска *SB8*, контакты 2—3 реле *K2*, микровыключатель *A* подводится на блокирование реле *K2* (кнопку запуска *SB7* можно отпустить).

Напряжение бортсети подается через:

контакты 2—1 реле *K3*, контакты 17—18 реле *K2* на сигнальную лампу АПД РАБОТАЕТ (*H4*) и через диоды *VD1*, *VD2* на обмотку реле *K1*, которое срабатывает и контактами 9—8 включает двигатель программного механизма, а контактами 6—5 подготавливает цепь включения электромагнитного соленоида для ускоренной отработки программы;

контакты 14—15 реле *K2* на электромагнит воздушной заслонки и через центральный выключатель на минус. Электромагнит, срабатывая, открывает заслонку подачи воздуха на стартер, и вал двигателя раскручивается;

выключатель *SA5*, контакты 3—2 реле *K37*, переключатель *SA3*, контакты 5—6 реле *K2*, микровыключатель *B* на обмотку реле *K4*, которое, срабатывая, контактами 1—2 включает агрегат зажигания (эти операции происходят в течение 1 с).

Через 2 с переключается микровыключатель *O* и повторно подает напряжение бортсети на обмотку реле *K1* и лампу *H4*. Это необходимо для полной отработки программы и возвращения программного механизма в исходное положение.

При достижении частоты вращения ротора второго каскада компрессора 7—8,5% от оборотов двигателя переводят рычаг газа двигателя в положение ЗАПУСК, при этом в двигатель поступает топливо.

Через 25 с переключается микровыключатель *Б*, при этом отключается реле *К4* и агрегат зажигания. При достижении частоты вращения ротора двигателя ( $4500 \pm 200$ ) мин<sup>-1</sup> размыкает контакты выключатель ЦР-2ВР и отключает минус от обмотки реле *К2*, которое отключается, и запуск двигателя прекращается. Напряжение бортсети через контакты 2—1 реле *К3*, контакты 17—16 реле *К2*, контакты 6—5 реле *К1* поступает на обмотку соленоида, и программный механизм ускоренно дорабатывает программу. Последним в исходное положение возвращается микровыключатель *О*, при этом отключается реле *К1*, двигатель программного механизма и лампа *Н4*. Аналогично запускается двигатель *II*.

Если частота вращения ротора не достигла ( $4500 + 200$ ) мин<sup>-1</sup>, через 55 с переключается микровыключатель *А* и размыкает цепь блокирования реле *К2*, при этом запуск двигателя прекращается, а программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

При холодной прокрутке рычаги газа ставят в положение СТОП, переключатель *SA3* — в положение ХОЛОДНАЯ ПРОКРУТКА и нажимают на кнопку *SB7*. Схема работает, как и при запуске, но не подается топливо и не включается агрегат зажигания.

Через 27 с переключается микровыключатель *Г*. Напряжение бортсети через выключатель *SB5*, контакты 3—2 реле *К37*, переключатель *SA3*, контакты 11—12 реле *К2*, микровыключатель *Г*, контакты 6—5 реле *К1* подается на обмотку соленоида. Программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

При консервации переключатель *SA3* устанавливают в положение КОНСЕРВАЦИЯ и нажимают кнопку *SB7*. Схема работает, как и при запуске, однако агрегат зажигания не включается. Продолжительность консервации 55 с.

Для прекращения процесса запуска рычаги управления двигателем переводят в положение СТОП и нажимают кнопку *SB8*. При этом размыкается цепь блокирования реле *К2*, и запуск двигателя прекращается. Напряжение бортсети через контакты 2—1 реле *К3*, контакты 17—16 реле *К2*, контакты 6—5 реле *К1* поступает на обмотку соленоида, и программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

Для запуска н полете нажимают кнопку *SB6*, при этом напряжение бортсети через кнопку *SB6* подводится к обмотке реле *К3*, которое срабатывает. Напряжение бортсети через контакты 5—6 реле *К3*, микровыключатель *В* поступает на блокирование реле *К3*

(кнопку 6 можно отпустить). В дальнейшем запуск происходит автоматически.

Напряжение бортсети подается через контакты:

2—3 реле *K3* на сигнальную лампу АПД РАБОТАЕТ (*H4*) и через диоды *VD1*, *VD2* на обмотку реле *K1*, которое, сработав, контактами 9—8 включает двигатель программного механизма, а контактами 6—5 подготавливает цепь включения соленоида;

8—9 реле *K3*, микровыключатель *B* на обмотку реле *K4*, которое, сработав, включает агрегат зажигания. Происходит запуск двигателя. Ротор двигателя раскручивается за счет авторотации.

Через 2 с переключается микровыключатель *O* и повторно подает напряжение бортсети на обмотку реле *K1*. Это необходимо для полной отработки программы.

Через 25 с переключается микровыключатель *B*. Отключается реле *K4* и агрегат зажигания.

Через 45 с переключается микровыключатель *B*. Размыкается цепь блокирования реле *K3*, и запуск двигателя прекращается.

Напряжение бортсети через контакты 2—1 реле *K3*, контакты 17—16 реле *K2*, контакты 6—5 реле *K1* поступает на обмотку соленоида, программный механизм ускоренно дорабатывает программу и возвращается в исходное положение.

Если лампа *H4* не загорается, удерживают кнопку *SB6* в нажатом положении 60 с, при этом срабатывают реле *K3*. *K4* и обеспечивают включение агрегата зажигания.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие агрегаты входят в систему запуска ВСУ?
  2. Для какой цепи включается в цепь стартера-генератора пусковой резистор?
  3. Система запуска ТА-6А. Как будет работать система запуска, если не переключаются контакты концевых выключателей электромеханизма МПК-13ВТВ? Как работает регулятор тока РУТ-400ДТВ?
- Как будет работать электросхема, если не включится контактор *K1'* панели ПГС-6?
- Как происходит отключение электроагрегатов запуска по окончании цикла?
- Как будет работать система запуска, если не переключится микровыключатель *O* программного механизма?
- Как работает система запуска с 2-й до 15-й секунды с начала цикла запуска?
- Как будет работать электросхема при выходе из строя реле *K6* панели АПД-30?
- Как происходит переключение стартер-генератора со стартерного режима на генераторный?
4. Система запуска авиадвигателя НК-8-2У. Как будет работать электросхема, если не выключится реле *K3*?
  - Как будет работать электросхема, если не работает реле *K22*?
  5. Система запуска авиадвигателя Д-30. Как будет работать электросхема, если не переключится концевой выключатель *B* программного механизма?
- Как будет работать электросхема, если не переключаются контакты центрального выключателя ЦР-2ВР?
- Как будет работать электросхема, если не переключаются контакты микровыключателя *O* программного механизма?
- Как будет работать электросхема при обрыве электромагнита ускоренной отработки программы?

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ

## 11.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Топливо на самолете Ту-134А находится в шести отсеках кессонной части крыла в кессон-баках, стенками которых служат передний и задний лонжероны и обшивка крыла, загерметизированные специальным герметиком, и в двух дополнительных баках. Система подачи топлива к двигателям выполнена раздельной для левого и правого двигателей.

Левый двигатель и двигатель ВСУ питаются из кессон-баков 1, 2 и 3 левой половины крыла, а правый двигатель — из кессон-баков 1, 2 и 3 правой половины крыла (рис. 11.1).

Давление в линии питания, идущей к двигателю от расходного отсека (емкостью  $\approx 400$  л), расположенного в кессоне-баке / каждой половины крыла, создается двумя подкачивающими насосами ЭЦН-45Б, которые управляются отдельными выключателями и независимыми друг от друга электрическими цепями таким образом, что при прекращении подачи напряжения к одному из топливоподкачивающих насосов питание двигателя топливом не прекращается, так как один насос полностью обеспечивает питание двигателя топливом. Перекачка топлива из кессонов-баков в расходный отсек осуществляется перекачивающими насосами ЭЦН-91Б, которые управляются автоматически, или отдельными выключателями (при ручном управлении). Топливо, предназначен-

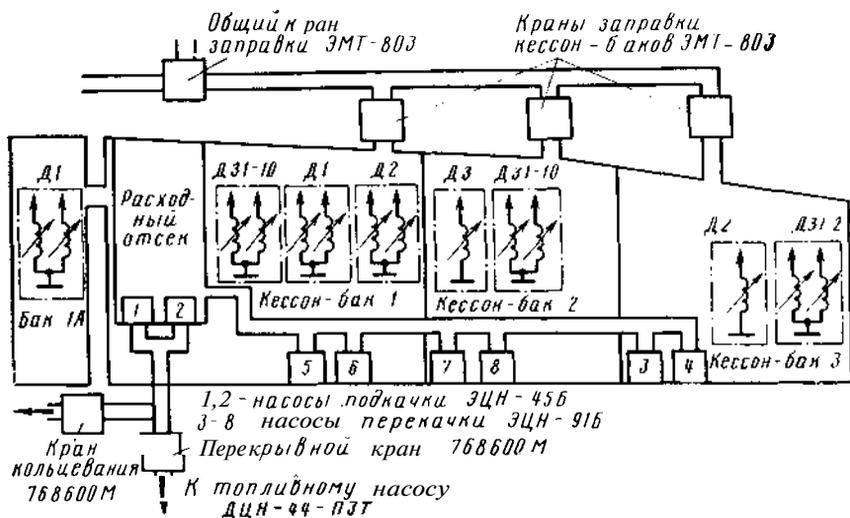


Рис. 11.1. Схема расположения баков, насосов и заправочных кранов

Т а б л и ц а 11.1. Варианты заправки

Обозначение	Количество топлива, кг			
	в кессоне-баке I и IA	в кессоне-баке 1	в кессоне-баке 3	на самолете
II	4530	1750	920	14 400
C	3350	1750	0	10 200
M	2000	1750	0	7 500

ное для питания каждого двигателя, расходуется в четыре очереди для одной половины крыла в следующей последовательности:

I — кессон-бак 3 полностью;

IIA — кессон-бак 1 до остатка 2600 кг (вместе с расходным отсеком);

III — кессон-бак 2 полностью;

IIIB — остаток топлива в кессоне-баке 7 полностью.

Приборы контроля и элементы управления топливной системой расположены на приборных досках и на верхнем электрощитке пилотов.

Централизованная заправка самолета топливом производится через одну общую заправочную горловину, расположенную на правой половине крыла и соединенную с коллектором и трубопроводом со всеми кессонами-баками. Время полной заправки 15—18 мин со скоростью подачи 1200 л/мин под давлением 0,45 МПа. В трубопроводах заправки установлено семь заправочных кранов с электромагнитами ЭМТ-803, из которых один общий и шесть — заправки кессонов-баков. Управление централизованной заправкой производится ручным открытием и автоматическим закрытием заправочных кранов и выключением световой сигнализации открытого положения.

Ручное открытие заправочных кранов производится установкой выключателей на щитке заправки в положение ВКЛЮЧЕНО, а автоматическое закрытие — с помощью блоков БАС-52А-63. Открытое положение заправочных кранов сигнализирует горением ламп с зеленым светофильтром. Заполнение кессон-баков топливом может производиться как одновременно, так и отдельно.

Система обеспечивает автоматическое прекращение подачи топлива в кессоны-баки для трех вариантов заправки: полная (П), средняя (С), минимальная (М) (табл. 11.1).

Вариант заправки устанавливается с помощью переключателя ПП-3А со щитка заправки. При промежуточных заправках контроль за количеством заправленного топлива следует производить по указателю топливомера или счетчику топливозаправщика. Элементы управления системы заправки установлены на щитке заправки, расположенном рядом с заправочной горловиной.

## 11.2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРЯДКОМ РАСХОДА ТОПЛИВА

Комплект системы. В электросхему автоматики расхода топлива Ту-134А входят следующие агрегаты:

подкачивающие топливные насосы ЭЦН-45Б (1 и 2) — 4 шт., они осуществляют подачу топлива к двигателям, установлены по два в расходных отсеках кессон-баков 1;

перекачивающие топливные насосы ЭЦН-91Б (3 и 4, 5 и 6, 7 и 8) — 12 шт., они осуществляют перекачку топлива в расходный отсек, установлены по два в каждом кессон-баке. Управление подкачивающими насосами 1, 2 и перекачивающими насосами 5, 6 производится только вручную — выключателями ВГ-15К с трафаретами 1 и 2, а перекачивающими насосами 3 и 4, 7 и 8 — автоматически с помощью блоков автоматики БАС-52А-64 или вручную выключателями 2ВГ-15К с трафаретами I, III;

блоки автоматического расхода топлива БАС-52А-64 — 2 шт., они установлены в техническом отсеке по левому борту, между шпангоутами №26—27;

датчики топливомеров — 10 шт.;

датчики заправки ДЗ1-10 — 4 шт., они установлены в кессонах-баках 1, 2;

датчики заправки ДЗ1-2 — 2 шт., они установлены в кессонах-баках 3;

сигнализаторы давления — 18 шт. (сигнализаторы давления СДУ-2А-0,18 — 12 шт., они контролируют работу перекачивающих насосов ЭЦН-91Б, установлены за насосами; сигнализаторы давления СДУ-2А-0,3 — 4 шт., они контролируют работу подкачивающих насосов ЭЦН-45Б, установлены за насосами; сигнализаторы давления СДУ-2-0,18 — 2 шт., они установлены в расходных отсеках, предназначены для выключения перекачивающих насосов в кессон-баках 2 и 3 в случае переполнения топливом кессон-баков / при ручном управлении топливными насосами в случае отказа клапана перекачки);

топливные краны 768600М — 3 шт., два из них пожарные, один перекрестного питания (кран кольцевания);

топливный электромагнитный клапан 610200А, предназначен для перекрытия магистрали подачи топлива к газотурбинному двигателю вспомогательной силовой установки;

аппаратура управления и сигнализации, расположена на верхнем электрощитке пилотов.

Топливоподкачивающие насосы ЭЦН-45Б забирают топливо из расходных отсеков и подают его под давлением по топливопроводам к насосам ДЦН-44-ПЗТ двигателей. Насос ЭЦН-45Б центробежного типа приводится в действие электродвигателем МГП-350, который работает от сети постоянного тока. Насос взрывобезопасного типа устанавливается в специальный кожух, закрепленный на нижней панели кессон-бака, и крепится к специальной устано-

вочной плите болтами. Топливо поступает в него через проволочную сетку в нижней части кожуха, которая защищает насос от попадания посторонних предметов. На фланце кожуха установлена клеммная колодка для проводов питания электродвигателя насоса, которые проходят через кессон-бак в дюралюминиевой трубке.

Каждый насос управляется вручную отдельным выключателем, расположенным на верхнем электрощитке пилотов.

#### Технические данные

Номинальное напряжение, В	27
Мощность двигателя, Вт	350
Потребляемый ток, А:	
номинальный	19
максимальный	24
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	6000
Давление топлива на выходе, МПа	0,044
Производительность насоса, л/ч	10000
Масса, кг	7,2

Топливоперекачивающие насосы ЭЦН-91Б установлены по два в каждом кессоне-баке, они подкачивают топливо под давлением в расходный отсек кессон-бака 1. Насос ЭЦН-91Б центробежного типа приводится в действие электродвигателем МП-ЮОС, работающим от сети постоянного тока.

#### Технические данные

Номинальное напряжение, В	27
Мощность электродвигателя, Вт	100
Потребляемый ток, А:	
номинальный	5,5
максимальный	8,0
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	7000
Давление топлива на выходе насоса, МПа	0,03
Производительность насоса, л/ч	3800
Масса, кг	2,6

Блок автоматического расхода топлива БАС-52А-64 входит в комплект электроемкостного топливомера СЭТС-470Д. Он предназначен для автоматического управления топливоперекачивающими насосами включения сигнализации соответствующей очереди расхода и сигнализации остатка топлива. В основу работы блока положено свойство изменять индуктивность при введении в катушку индуктивности ферромагнитного сердечника.

В топливном баке помещается датчик, состоящий из катушки индуктивности, установленной на определенном уровне, и поплавка с сердечником из ферромагнитного материала, который плавает на поверхности топлива и перемещается по направляющей вверх и вниз.

При изменении уровня топлива поплавок перемещается и на

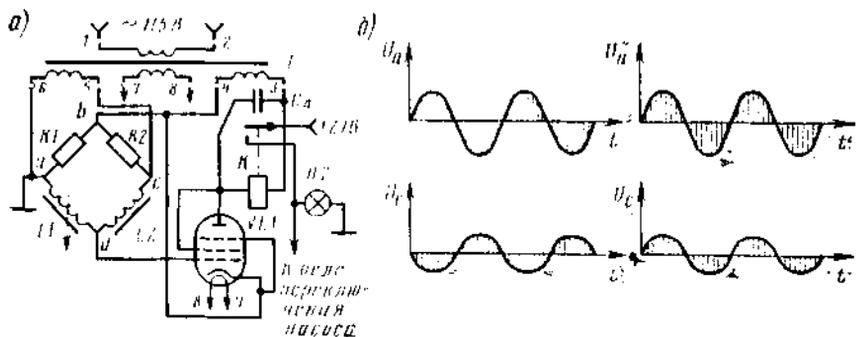


Рис. 11.2. Функциональная электрическая схема моста переменного тока (а) и графики напряжений (б)

определенном уровне устанавливается так, что его ферромагнитный сердечник входит в катушку сигнализатора  $L1$  (рис. 11.2). Катушка переменной индуктивности  $L1$  включена в плечо моста  $abcd$ , двумя плечами которого являются резисторы  $R1$  и  $R2$ , а плечом  $cd$  служит катушка  $L2$  с индуктивностью, равной индуктивности катушки  $L1$  при выведенном сердечнике. Когда сердечник находится вне катушки  $L1$ , мост  $abcd$  не уравновешен из-за неравенства плеч  $R1$  и  $R2$  ( $R1=970$  Ом,  $R2=1640$  Ом). Напряжение с выхода моста подается на вход электронного усилителя, состоящего из одного каскада усиления.

Каскад усиления собран в лампе 6Ж5Б-В ( $VЛ1$ ), анодной нагрузкой которой является обмотка реле  $K$ , зашунтированная конденсатором  $C_A$  емкостью 10 мкФ. Анодная цепь лампы питается переменным напряжением от вторичной обмотки трансформатора.

Напряжение с моста подается на управляющую сетку лампы 6Ж5Б-В в противофазе с анодным напряжением. Поэтому во время положительного полупериода напряжения на сетке лампа  $VЛ1$  закрыта отрицательным напряжением на аноде, а во время положительного полупериода напряжения на аноде лампа закрыта отрицательным напряжением на сетке. Таким образом лампа  $VЛ1$  все время остается закрытой и ток в анодной цепи отсутствует. Мост автоматики рассчитан таким образом, что, когда сердечник входит в катушку  $L1$ , индуктивность ее увеличивается в 5—6 раз и напряжение на выходе моста и, следовательно, на управляющей сетке лампы меняет фазу. Поэтому в течение положительного полупериода напряжения на аноде лампа будет открыта, и через обмотку реле  $K$  потечет ток. Реле, срабатывая, своими контактами включает или выключает исполнительные элементы. В данном случае блок-реле работает как однополупериодный выпрямитель.

Питание моста блока автоматики производится от вторичной обмотки (выводы 5, 6) трансформатора  $T$ , на первичную обмотку которого подается переменный ток  $U=115$  В,  $f=400$  Гц.

Конденсатор *СА*, включенный параллельно обмотке реле *К*, устраняет вибрацию якоря реле в течение отрицательного полупериода анодного напряжения. Конструктивно усилитель и реле каждого моста выполнены в виде отдельного блок-реле РБ1-1АТ. Питание постоянным током цепей блока автоматики осуществляется через блокировочное реле, конструктивно выполненное в виде блока-реле РБ1-2Т. В блоке автоматики, кроме блок-реле РБ1-1АТ и РБ1-2Т, имеется также блок-реле РБ1-1БТ, которое выдает команду на отключение насосов перекачки при переполнении топливом бака *I*.

Принцип работы блока заправки БАС-52А-63 аналогичен работе блока выработки топлива, только в блоке заправки БАС-52А-63, кроме двух блоков-реле РБ1-1АТ и РБ1-2Т, установлено еще два блок-реле РБ1-3Т, которые служат для выбора варианта заправки.

Сигнализаторы давления типа СДУ унифицированы и предназначены для включения и выключения сигнализации при достижении в системе давления топлива, на которое они отрегулированы.

Последняя цифра в шифре указывает на величину давления, при котором сигнализатор срабатывает, например СДУ-2-0,18, СДУ-2А-0,18 или СДУ-2А-0,3. В отличие от сигнализатора типа СДУ-2 с нормально замкнутыми контактами контакты сигнализатора СДУ-2А находятся в нормально разомкнутом положении. Для различия к шифру последних добавляется буква *А*.

Чувствительным элементом сигнализатора является упругая гофрированная мембранная коробка, во внутреннюю полость которой подводится давление. Под действием давления подвижной центр мембраны перемещает шток и подвижную пружину с закрепленными на ней контактами.

При достижении давления топлива в системе заданной величины контакт подвижной пружины замыкается или размыкается с контактом неподвижной пружины, от чего включается или выключается сигнальная лампа. Неподвижная пружина имеет регулировочные винты для регулировки сигнализатора по заданным параметрам.

Топливный электромагнитный клапан 610200А имеет два положения: открытое и закрытое. При подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь сжимает пружину и сообщает штуцер входа со штуцером выхода — клапан открыт. При отсутствии напряжения клапан якоря прижимается пружиной к седлу выходного штуцера — клапан закрыт.

#### Технические данные

Напряжение питания, В	27
Потребляемый ток, А	не более 5
Длительность непрерывной работы, ч	до 8
Рабочее давление, МПа	до 0,2
Температура окружающей среды, °С	±50

Топливный кран 768600МА имеет электромагнит и исполнительное устройство, которое состоит из корпуса, заслонки и шлицевого вала.

Кран имеет два положения: открытое и закрытое.

#### Технические данные электромеханизма

Напряжение питания, В	27±10%
Потребляемый ток, А	не более 3
Угол поворота выходного вала	90±5°
Время поворота выходного вала из одного крайнего положения в другое, с	не более 3
Режим работы	повторно-кратковременный
Масса, кг	1

Электромеханизм ЭПВ-150М состоит из следующих основных узлов: электродвигателя Д-14ФМ, редуктора, блока микровыключателей, штепсельного разъема. Электродвигатель двухполюсный, реверсивный с последовательным возбуждением и тормозной электромагнитной муфтой. Редуктор планетарного типа, четырехступенчатый с общим передаточным числом 2012,36. В электромеханизме установлен блок из двух микровыключателей В611, которые предназначены для отключения электромеханизма в крайних положениях выходного вала.

Переключатели кранов, расположенные на верхнем электрошитке, закрыты фиксирующими крышками. Лампы расположены на верхнем электрошитке пилотов выше соответствующих переключателей. Цепи питания защищены автоматами защиты АЗС-5, подключенными к аккумуляторной шине. В нормальных условиях оба пожарных крана открыты, а кран перекрестного питания закрыт. Открытое положение пожарных кранов сигнализируется двумя лампами (СЛМ-61) с зеленым светофильтром, а открытое положение крана перекрестного питания — лампой (СЛМ-61) с красным светофильтром.

**Электрическая схема расхода топлива** (табл. 11.2). При установке выключателей ВГ-15К (SA25 и SA26) в положение ВКЛЮЧЕНО срабатывают контакторы ТКД-501ДТ (K29) и ТКД-201ДТ (K27) и включают насосы 1, 2, 5 и 6. Насосы 1 и 2 подают топливо под давлением к двигателю (рис. 11.3). При давлении 0,03 МПа срабатывают сигнализаторы давления СДУ-2А-0,3 и включаются четыре лампы с зеленым светофильтром. Насосы 5 и 6 перекачивают топливо из кессон-бака 1 в расходный отсек. При давлении топлива 0,018 МПа срабатывают сигнализаторы давления СДУ-2А-0,18 и включаются сигнальные лампы с зеленым светофильтром. Выключатель ВГ-15К (SA21) АВТОМАТ—РУЧНОЕ устанавливают в положение АВТОМАТ, при этом срабатывает реле ТКЕ56ПД (K22) и переключает цепи управления насосами с ручного на автоматическое.

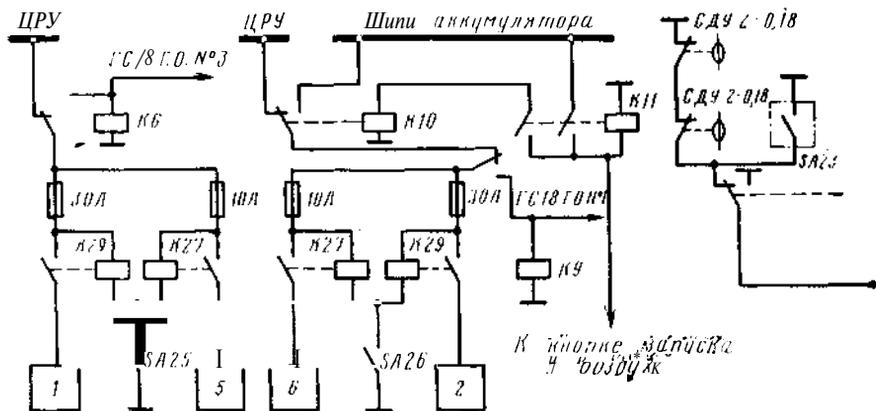
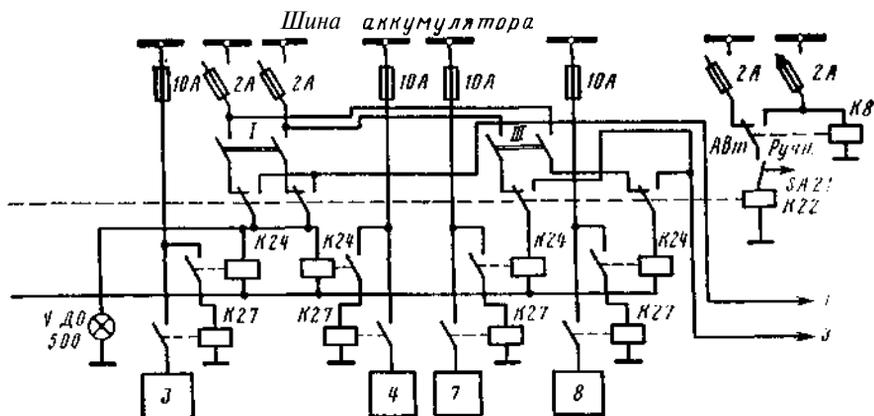


Рис 11.3. Функциональная электрическая схема

Автоматическое управление порядком расхода топлива (рис. 11.4) осуществляется по I и II двигателям отдельно, но электрические схемы блоков управления порядком расхода топлива одинаковы для обоих двигателей, и все электрические цепи параллельны. При выходе из строя одного из блоков автоматики второй блок обеспечивает автоматическое управление всеми переключающими насосами.

Каждый блок автоматики управления расходом БАС-52А-64 состоит из шести эквивалентных блок-реле РБ1-1АТ (18—23), двух блок-реле РБ1-1Б (16, 17), одного блок-реле РБ1-2Т (15) и трансформатора Т1. В блоках автоматики стоят диоды Д226 (VD3—VD5), предназначенные для того, чтобы в случае отказа одного из блоков автоматики второй продолжал нормально работать.

Выключатель 2В-200К (SA14) устанавливают в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом напряжение 115 В частотой 400 Гц подается на первичную обмотку трансформатора Т1 блока автоматики БАС-52А-64. Со вторичных обмоток напряжение 6,3 В подается на накал ламп, 100 В — на аноды ламп и 40 В — на все мосты переменного тока и на обмотку реле блока 15, которое является блокировочным и замыкает цепь постоянного тока только при наличии переменного тока. Постоянный ток через контакты выключателя SA14, контакты реле блока 15, диод VD3 подается на сигнальную лампу первой очереди с желтым светофильтром, которая сигнализирует о необходимости включения насосов 3 и 4 первой очереди. Одновременно напряжение бортсети через контакты реле блока 15, нормально замкнутые контакты реле блока 18 или 19, нормально замкнутые контакты реле блока 16 или 17, вывод / блока автоматики, контакты реле К22 подается на сигнальное красное табло V



включения насосов 1, 2 и 5, 6; 3, 4 и 7, 8

Таблица 11.2. Сигнализация расхода топлива

Этап работы автоматов и насосов	Лампы сигнализации работы топливных насосов				Лампы сигнализации очередности расхода топлива				
	I очередь, насосы 3, 4	II очередь, насосы 5, 6	III очередь, насосы 7, 8	Расходный отсек, насосы 1, 2	I очередь	II очередь	III очередь	IV очередь	Остаток 2400 кг
Расходуется топливо из I очереди (кессон-бак 3)	●●	●●	○○	●●	●	○	○	○	○
При остатке топлива 320 кг в I очереди включается лампа ПА очереди	●●	●●	○○	●●	●	●	○	○	○
При остатке топлива 4280 кг во II очереди выключается I очередь	○○	●●	○○	●●	●	○	○	○	○
При остатке топлива 2600 кг во II очереди включается III очередь	○○	●●	●●	●●	●	●	●	○	○
При остатке топлива 200 кг в III очереди включается лампа ПБ очереди	○○	●●	●●	●●	●	●	●	●	○
При остатке топлива 1800 кг во ПБ очереди выключается III очередь	○○	●●	○○	●●	●	●	●	●	●
При остатке топлива 1200 кг во ПБ очереди включается красная лампа ОСТАТОК 2400 КГ	○○	●●	○○	●●	●	●	●	●	●

Примечание. ● - сигнальные лампы горят, ○ - не горят.

ДО 500 и на обмотки двух реле ТКЕ52ПД ( $K24$ ), которое, срабатывая, включает контакторы  $K27$ . Контактры  $K27$  включают насосы 3 и 4 кессона-бака 3, которые перекачивают топливо в расходный отсек. При давлении топлива 0,018 МПа срабатывают сигнализаторы давления СДУ-2А-0,18 и включаются четыре сигнальные лампы с зеленым светофильтром.

Примечание. Если кессон-бак 1 заправлен до уровня верхней катушки датчика заправки, то перекачивающие насосы 3 и 4 первой очереди не будут включены, пока уровень топлива в кессоне-баке 1 не снизится до уровня опускающего сердечника поплавка из верхней катушки датчика заправки кессон-бака 1.

Если кессон-бак 1 заправлен до уровня верхней катушки датчика заправки, то ферромагнитный сердечник поплавка находится в верхней катушке датчика заправки Д31-10, и реле КА блока 16,

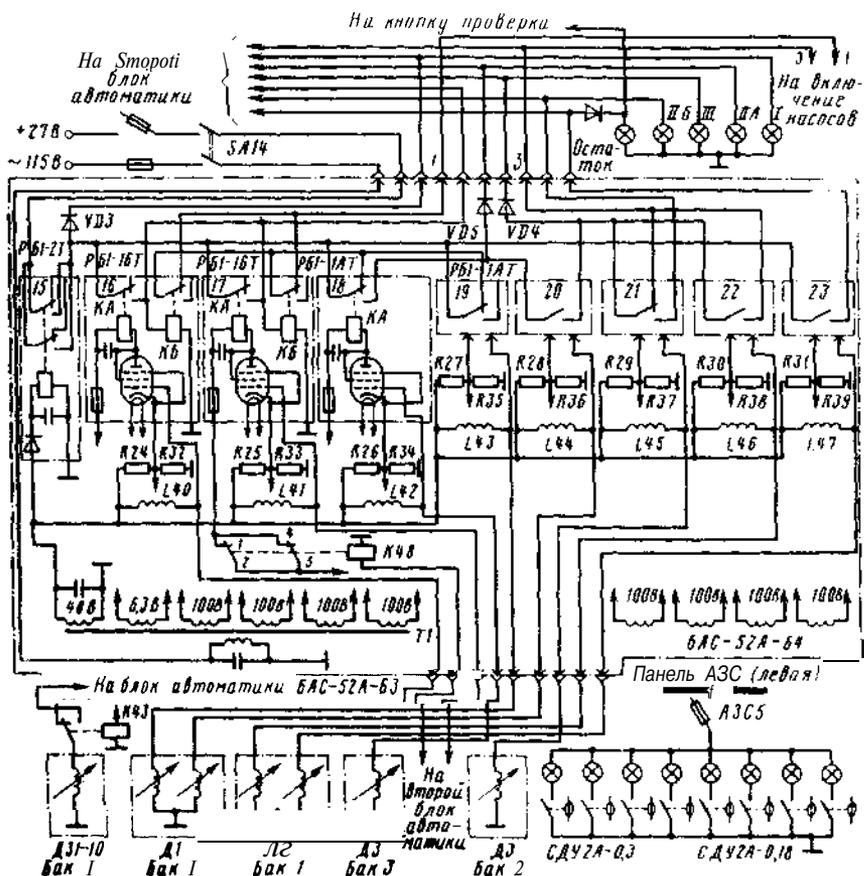


Рис. 11.4. Функциональная электрическая схема автоматического управления порядком расхода топлива

срабатывая, включает реле *КБ* блока *16* и реле *КБ* блока *17*. Одновременно подается питание на реле *КБ* блоков *16* и *17* второго блока автоматики БАС-52А-64. При срабатывании этих реле отключается цепь включения насосов *3* и *4* кессонов-баков *3* левого и правого, при неисправности одного из блоков автоматики второй исправный блок автоматики предохраняет от переполнения кессон-бак *1* левого и правого полукрыла при помощи реле *К48*.

При остатке топлива в первой очереди *320* кг ферромагнитный сердечник входит в катушку датчика *3* кессона-бака *3*, и напряжение, снимаемое с моста *L42, R34, R26*, будет совпадать по фазе с анодным напряжением лампы блока *18*. Реле блока *18*, срабатывая, подключает напряжение бортсети через свои контакты и диод *VD5* к сигнальной лампе с желтым светофильтром *НА* очереди. Происходит перекачка топлива из *ПА* очереди в расходный отсек.

При остатке топлива в кессоне-баке *1* *ПА* очереди *4280* кг ферромагнитный сердечник входит в катушку датчика *1* кессона-бака */*, и напряжение, снимаемое на управляющую сетку лампы блока *19*, будет совпадать по фазе с анодным напряжением. Реле блока *19*, срабатывая, отключает насосы *3* и *4* *I* очереди кессон-бака *3*. Одновременно гаснет красное табло *V* *ДО 500*. При остатке топлива во *II* очереди *2600* кг ферромагнитный сердечник входит в нижнюю катушку датчика */* кессона-бака *1*, вследствие чего срабатывает реле блока *20*, и напряжение бортсети через контакты реле блока *15*, контакты реле блока *18*, контакты реле блока *20*, диод *VD4* подается на сигнальную лампу с желтым светофильтром *III* очереди. Одновременно напряжение бортсети по этой же цепи через контакты реле блока *20*, нормально замкнутые контакты реле блока *21* или контакты реле блока *22* (реле блока *22* включено, так как сердечник находится в верхней катушке датчика *2* кессона-бака */*), через вывод *3* разъема *АВТОМАТИКА* контакты реле *K22* подается на реле *K24*, которое, срабатывая, включает контакторы *K27*. Контакторы *K27* включают насосы *7* и *8* *III* очереди кессона-бака *2*, которые перекачивают топливо в расходный отсек. При давлении топлива *0,018* МПа срабатывают сигнализаторы давления *СДУ-2А-0,18* и включаются четыре сигнальные лампы с зеленым светофильтром.

При остатке топлива *200* кг в *III* очереди кессона-бака *2* ферромагнитный сердечник входит в катушку датчика *3* кессона-бака *2*, вследствие чего срабатывает реле блока *21* и подает напряжение бортсети на сигнальную лампу *IIБ* очереди; так как насосы *IIБ* очереди работают, то происходит перекачка топлива из *ПБ* очереди в расходный отсек.

При остатке топлива в *ПБ* очереди *1800* кг ферромагнитный сердечник выходит из верхней катушки датчика *2* кессона-бака */*, вследствие чего отключается реле блока *22* и своими контактами отключает контакторы *K27* и насосы *7* и *8* третьей очереди.

При остатке топлива в кессон-баке 1 1200 кг ферромагнитный сердечник входит в нижнюю катушку датчика 2, вследствие чего срабатывает реле блока 23 и своими контактами включает сигнальную лампу с красным светофильтром ОСТАТОК 2400 КГ, расположенную на средней доске пилотов, и подается сигнал на включение сирены.

Для обеспечения полной выработки топлива при продолжении полета с минимальным остатком топлива необходимо после загорания лампы ОСТАТОК 2400 КГ перейти на ручное управление расходом топлива и включить насосы перекачки всех кессон-баков.

**Ручное управление топливными насосами** (см. рис. 11.3). В случае отказа автоматики расхода топлива необходимо перейти на ручное управление перекачивающими насосами, для чего выключатель АВТОМАТ—РУЧНОЕ (SA21) установить в положение РУЧНОЕ, при этом реле K22 будет обесточено и подготовит цепи ручного управления. Включение в работу перекачивающих насосов производят выключателями с трафаретом I, III. Очередности включения насосов определяется по загоранию ламп сигнализации очередности расхода топлива (если они работают) или по показаниям топливомера. При выработке топлива из соответствующей группы расхода надо выключатель насосов очередной группы поставить в положение ВКЛЮЧЕНО, а выключатель насосов той группы, из которой топливо израсходовано, поставить в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

В целях предотвращения деформации и разрушения кессон-баков 1 от переполнения топливом при ручном управлении перекачивающими насосами предусмотрено два предохранительных устройства:

поплавковые предохранительные клапаны перекачки, закрывающие трубопроводы при заполнении топливом кессонов-баков 1;

сигнализаторы давления СДУ-2-0,18, срабатывающие при давлении топлива в расходном баке 0,018 МПа, которое возникает при неисправных предохранительных клапанах выключения перекачивающих насосов кессонов-баков 2 и 3.

Контакты сигнализаторов давления включены последовательно в минусовую цепь реле K24, которое отключают перекачивающие насосы кессон-баков 2 и 3. На случай выхода из строя сигнализаторов давления СДУ-2-0,18 предусмотрена возможность принудительного включения реле K24, а следовательно, и насосов кессонов-баков 2 и 3 выключателем ВГ-15К (SA23). Выключатель SA23 с трафаретом ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ установлен на верхнем электрощитке пилотов и в выключенном положении закрыт красным колпаком.

Выработку топлива необходимо контролировать по показаниям топливомера и погасанию ламп с зеленым светофильтром сигнализации работы топливных насосов.

**Особенности цепей питания топливных насосов.** В целях повышения надежности работы топливной системы питание электродвигателей насосов 1, 2, 5, 6 левого и правого крыла дублировано. В нормальном случае эти насосы питаются непосредственно от генераторов 1 и 3.

В случае отказа генераторов 1 и 3 контакторы ТКД-511ДОД (К6 и К9) обесточиваются и насосы автоматически подключаются к шинам ЦтУ, которые находятся под напряжением остальных работающих генераторов и аккумуляторных батарей.

Кроме того, насосы 2 и 6 при запуске двигателей в воздухе и при обесточенной бортсети автоматически подключаются к аварийной шине от аккумуляторной батареи. Подключение осуществляется контактором ТКД-511ДОД (К10), который управляется реле ТКЕ-52ПД1 (К11) от кнопки запуска в воздухе. Реле К11 самоблокируется на период времени, пока один или несколько генераторов не подключатся к бортовой сети. Насосы 4 и 7 левого и правого крыла получают питание от шины питания от аккумуляторной батареи и в случае выхода из строя основной сети автоматически переводятся на питание от аварийной сети. Топливные насосы 3 и 8 получают питание только от основной сети. В каждом баке работают одновременно два перекачивающих насоса, но, если по тем или иным причинам будет работать только по одному насосу, то этого достаточно для обеспечения нормального режима.

Контакты включения топливных насосов размещены в РК силовых, а контакторы переключения их питания — в ЦРУ. Защита электродвигателей насосов выполнена плавкими предохранителями, установленными в РК силовых, ЦРУ и РК 15-го шпангоута. Цепи управления топливными насосами 4 и 7 защищены автоматом АЗС-2, подключенным к аккумуляторной шине левой панели АЗС, а цепи управления насосами 3 и 8 — автоматом АЗС-2, подключенным к шине 1 левой панели АЗС.

### 11.3. ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ ЗАПРАВКА САМОЛЕТА ТОПЛИВОМ

**Комплект системы.** В систему централизованной заправки входят:

блоки заправки БАС-52А-63 (2 шт.), установленные в первом техническом отсеке, на левом борту между 26-м и 27-м шпангоутами;

датчики заправки (6 шт.). Из них: датчики заправки ДЗ1-2, установленные в кессоне-баке 3 (1 шт.), датчики заправки ДЗ1-10 — в кессонах-баках 1 и 2 (4 шт.);

датчики топливомера / (2 шт.), установленные в баке 1А;

переключатель режимов заправки ПГ-ЗА (1 шт.);

краны заправки ЭМТ-803 (7 шт.);

аппаратура сигнализации и управления.

В кессоне-баке 3 установлены датчики заправки ДЗ1-2, которые имеют два сигнализатора уровня — нижний и верхний. Нижний расположен на расстоянии 55 мм ниже фланца датчика заправки и используется для закрытия кессонного заправочного крана, а верхний, расположенный на расстоянии 20 мм ниже фланца датчика, — общего крана.

В кессонах-баках 1 и 2 установлены датчики заправки ДЗ1-10, которые имеют также два сигнализатора уровня: нижний, расположенный на расстоянии 75 мм, и верхний — на 20 мм ниже фланца датчика. Нижний используется для закрытия кессонного крана, верхний — общего крана. Верхний сигнализатор датчика заправки ДЗ1-10 кессона-бака 1 используется также для отключения насосов перекачки топлива из кессона-бака 3 в расходный отсек при работе автоматики расхода топлива.

На приборной доске правого пилота установлена сигнальная лампа (СЛМ-61 с красным светофильтром) с трафаретом ИДЕТ ЗАПРАВКА, которая загорается при установке выключателя заправки в положение ВКЛЮЧЕНО.

**Электрическая схема централизованной заправки топливом** (рис. 11.5). Перед включением централизованной заправки от основной сети переменного тока необходимо установить выключатель 2В-200К правого топливомера в положение ВКЛЮЧЕНО, в ином случае система заправки работать не будет, так как перемен-

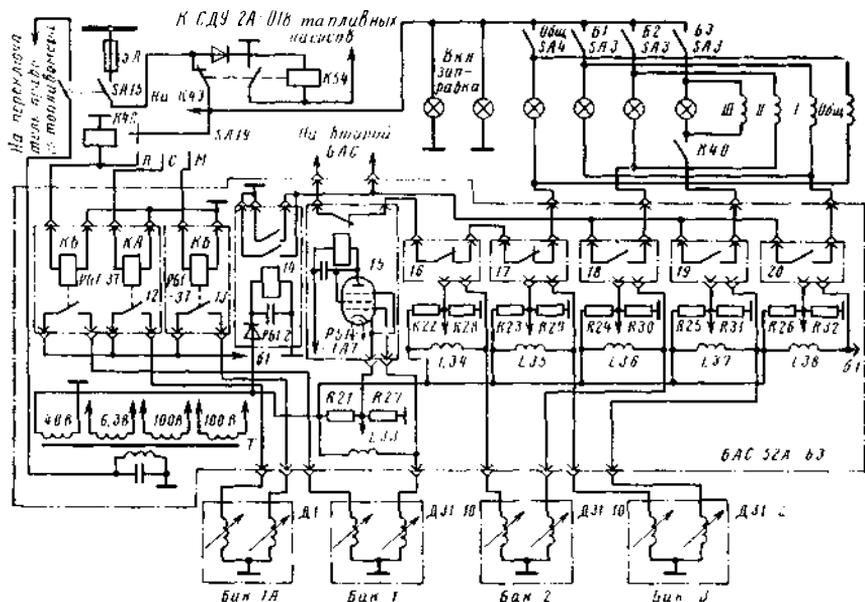


Рис. 11.5. Функциональная электрическая схема управления заправкой топливом

ный ток на блоки заправки поступает через контакты переключателя правого топливомера (при питании системы заправки от преобразователя ПО-500 включение топливомера не обязательно). Переключатель ПГ-ЗА (SA19) вариантов заправки установить в положение необходимого варианта заправки.

Автоматическое управление кранами заправки осуществляется блоками заправки БАС-52А-63. Каждый блок состоит из двух блок-реле РБ1-3Т (12 и 13), одного блок-реле РБ1-2Т (14), шести блок-реле РБ1-1АТ (15, 16, 17, 18, 19 и 20) и трансформатора (Т).

Блок-реле РБ1-3Т служит для подключения сигнализаторов заправки, расположенных на разных уровнях при различных вариантах заправки (П, С, М).

При установке выключателя 2В-200К (SA15) включения заправки в положение ВКЛЮЧЕНО переменный ток поступает на первичную обмотку трансформатора блока заправки БАС-52А-63. Со вторичных обмоток напряжение 6,3 В подается на накал всех ламп, 100 В — на аноды ламп и 40 В — на все мосты блока заправки и на обмотку реле блока 14.

Так как баки пусты, то сердечники поплавков находятся в нижних катушках датчиков заправки, и реле в цепи анодов ламп блоков 18, 19 и 20, срабатывая, своими контактами подготавливают цепи питания электромагнитов заправочных кранов кессон-баков.

Постоянное напряжение подается на сигнальные лампы СЛМ-61 с зеленым и красным светофильтрами, сигнализирующие о том, что самолет заправляется топливом, и на обмотку реле ТКЕ-21ПД (K43), которое, срабатывая, своими контактами переключает верхний сигнализатор датчика заправки кессон-баков 1 с блока автоматики расхода топлива на блок заправки.

*Примечание.* Схема централизованной заправки дана для одного полукрыла.

Все выключатели ВГ-15К (SA4, SA3) общего крана заправки и кранов заправки всех кессонов-баков установить в положение ВКЛЮЧЕНО. При установке выключателя SA4 общего крана заправки в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети поступает на электромагнит общего заправочного крана и лампу сигнализации его открытого положения, минус к которым подключается через контакты реле блок-реле 14 и нормально замкнутые контакты реле блоков 15, 16 и 17 обоих блоков заправки.

При установке выключателя SA3 крана заправки кессон-бака 2 в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети подается на электромагнит заправочного крана и к сигнальной лампе, а минус подключается через контакты реле блока 14 и контакты реле блока 18.

При установке выключателей SA3 кранов заправки кессон-баков / и 3 в положение ВКЛЮЧЕНО и установке переключателя ПГ-ЗА (SA19) в положение П напряжение бортсети через контак-

гы галетного переключателя SA19 в положении II поступает на обмотку реле ТКЕ-21ПД (K40) и на обмотку реле КБ блок-реле 12.

Реле K40, срабатывая, подключает минус бортсети к электромагниту заправочного крана кессон-бака 3 (кран заправки кессон-бака 3 открывается только при полной заправке), а реле КБ блок-реле 12, срабатывая, подключает сигнализатор полной заправки датчика ДЗ1-10 кессон-бака 1 к мосту переменного тока L38, R26, R32. Реле блок-реле 20, срабатывая, подключает минус бортсети к электромагниту крана заправки кессон-бака / и к сигнальной лампе.

При установке ручки переключателя SA19 в положение С напряжение бортсети через замкнутые контакты галетного переключателя SA19 поступает на обмотку реле КА блока 12. Реле КА, срабатывая, подключает сигнализатор средней заправки к мосту переменного тока L38, R26, R32, вследствие чего срабатывает реле блока 20 и подключает минус бортсети к электромагниту заправочного крана кессон-бака / и к сигнальной лампе. Сигнализатор средней заправки установлен в датчике бака 1А.

При установке ручки галетного переключателя SA19 в положение М напряжение бортсети поступает на обмотку реле КБ блок-реле 13. Реле КБ, срабатывая, своими контактами подключает сигнализатор минимальной заправки к мосту переменного тока L38, R26, R32, и реле блока-реле 20, срабатывая, подключает минус бортсети к электромагниту заправочного крана кессон-блока / и к сигнальной лампе. Сигнализатор минимальной заправки установлен в датчике бака 1А.

При заполнении бака топливом до уровня срабатывания любого из сигнализаторов, управляющих заправкой баков топливом, ферромагнитный сердечник поплавка выходит из катушки датчика, и напряжение, снимаемое с соответствующего моста на управляющую сетку лампы, будет в противофазе с анодным напряжением. Лампа закрывается, и реле блока 18 или 19, или 20, отключаясь, отключает минус бортсети от соответствующего крана заправки, который закрывается, и сигнальная лампа с зеленым светофильтром гаснет.

Если один из заправочных кранов кессонов-баков не закрылся и подача топлива при помощи поплавкового клапана не прекратилась, то при дальнейшем заполнении кессон-баков до уровня срабатывания любого из сигнализаторов, управляющего закрытием общего крана, срабатывает реле блока 15, или 16, или 17, отключая цепь питания электромагнита общего крана заправки, который закрывается, и сигнальная лампа общего крана с зеленым светофильтром гаснет.

После заправки выключатели кранов заправки устанавливаются в положение ВЫКЛЮЧЕНО, выключают питание блока заправки и отсоединяют шланг топливозаправщика.

**Предупреждение.** Во избежание опрокидывания пустого самолета на хвост при полной заправке необходимо переключатель ПГ-ЗА варианта заправки сначала установить в положение минимальной заправки и при погасании сигнальных ламп кранов первых кессонов-баков переключатель ПГ-ЗА переключить в положение ПОЛНАЯ ЗАПРАВКА.

По показаниям топливомера убеждаются в правильности заправки (в соответствии с таблицей заправки).

Во избежание разрушения кессон-баков вследствие отказа датчика заправки и поплавкового клапана во время заправки самолета топливом под давлением введена система автоматического прекращения заправки топливом по сигналам СДУ-2А-0,18, установленным в системе сигнализации работы перекачивающих насосов. При повышении давления топлива до 0,018—0,02 МПа в любом из кессонов-баков сигнализаторы СДУ-2А-0,18 выдают сигнал на реле ТКЕ-52ПД1 (К54), которое, срабатывая, отключает электрическую цепь управления кранами заправки и самоблокируется.

Питание аппаратуры системы заправки осуществляется постоянным током из РК 15-го шпангоута через предохранитель ИП-5, а переменным током из РК переменного тока 115 В через предохранитель СП-1А совместно с правым топливомером.

Во время заправки самолета топливом запрещается: производить запуск двигателя; включать электрооборудование, не имеющее отношения к заправке; производить заправку без заземления самолета, заправщика и заправочного шланга, при отсутствии противопожарных средств, а также во время грозы и в предгрозовый период.

**Проверка агрегатов топливной системы.** Проверка работоспособности блоков автомата расхода топлива производится в следующей последовательности:

выключатель ПЕРЕКАЧКА—АВТОМАТ—РУЧНАЯ установить в положение АВТОМАТ;

включить подкачивающие насосы 1, 2, 5 и 6 левого и правого двигателей: поочередно включить блоки автомата расхода топлива (левый и правый).

Правильность работы автомата расхода определяется по загоранию сигнальных ламп в соответствии с заправкой;

при полной заправке загораются лампы с желтым и зеленым светофильтром первой очереди и с зеленым светофильтром второй очереди;

при средней заправке загораются лампы с желтым светофильтром I и ПА очередей, лампы с зеленым светофильтром II очередей;

при минимальной заправке загораются лампы с желтым светофильтром I, ПА и III очередей и лампы с зеленым светофильтром II и III очередей;

если самолет не заправлен топливом, то загораются все лампы с желтым светофильтром очередности и сигнальное табло ОСТАТОК 2400 КГ.

При промежуточных вариантах заправки самолета топливом сигнальные лампы должны гореть в соответствии с таблицей сигнализации расхода топлива.

Проверка работоспособности блоков автомата заправки топлива производится в следующей последовательности:

выключатель правого топливомера установить в положение ВКЛЮЧЕНО;

выключатель заправки установить в положение ВКЛЮЧЕНО;

все выключатели кранов заправки кессонов-баков и общего крана установить в положение ВКЛЮЧЕНО;

переключатель вариантов заправки SA19 установить в положение П.

При этом должны гореть лампы с зеленым светофильтром ЗАПРАВКА ВКЛЮЧЕНА общего крана заправки, кранов заправки тех кессонов-баков, которые не заправлены топливом или заправлены не полностью, и лампы с красным светофильтром на приборной доске второго пилота ИДЕТ ЗАПРЛВКЛ. По загоранию этих ламп определяется правильность работы автомата заправки.

Примечания. 1. Блоки заправки включаются только после включения правого топливомера.

2. Лампы с зеленым светофильтром общего крана заправки и кранов заправки всех кессонов-баков загораются при открытом положении кранов.

3. Открытие кранов заправки кессонов-баков 3 I очереди происходит только при установке переключателя вариантов заправки SA19 в положение П.

4. При установке переключателя вариантов заправки SA19 в положения П С, М происходит переключение сигнализаторов заправки, размещенных соответственно на разных уровнях в баках 1А и /.

Полная проверка правильности работы блоков автомата расхода топлива, блоков заправки, исправности самолетной электропроводки и сигнализаторов датчиков производится установкой КПА-Л1 по прилагаемой к установке инструкции.

Проверка работоспособности топливных насосов производится в следующей последовательности:

выключатель SA21 АВТОМАТ — РУЧНОЕ установить в положение РУЧНОЕ;

выключатель насосов расходного отсека установить в положение ВКЛЮЧЕНО (поочередно включить насосы 1 и 5, 2 и 6 левого и правого двигателей. Работу насосов контролировать по загоранию их сигнальных ламп с зеленым светофильтром. При включении насосов / одновременно будут работать насосы 5, а при включении насосов 2 — насосы 6);

выключатели перекачивающих насосов первой и третьей очереди расхода установить в положение ВКЛЮЧЕНО. Работу насосов 3, 4, 7 и 8 первой и третьей очереди контролировать по загоранию их сигнальных ламп.

## Вопросы для самоконтроля

1. Электросхема выработки топлива из баков самолета Ту-134А. Какую функцию выполняет блок-реле РБ1-1Б?

Объяснить назначение блока-реле РБ1-2. Что произойдет, если это реле не сработает?

Объяснить назначение сигнализаторов давления СДУ2-018. Что может произойти, если он не сработает?

2. Электросхема заправки топливных баков самолета Ту-134А.

Как будет работать электросхема при выходе из строя блока реле РБ1-2?

Объяснить работу системы заправки топливом самолета при установке галетного переключателя на шитке заправки в положение П.

Какие изменения произойдут при работе электросхемы, если галетный переключатель на пульте заправки установить в положение С?

Как будет работать система, если не сработает датчик полной заправки бака 2?

Объяснить, какие изменения произойдут при работе электросхемы, если галетный переключатель на пульте заправки установить в положение М?

### 12.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Источник света состоит из электролампы и светильника — приспособления, в котором она устанавливается. Применяются лампы накаливания и люминесцентные. Самолетные лампы накаливания — малых габаритных размеров, виброустойчивые — способны работать на больших высотах.

Цоколь лампы предназначен для штырькового включения, что исключает ее отсоединение при вибрации. Малые габаритные размеры ламп получены в результате низкого напряжения питания (27—28 В, иногда 6 В) и работы в режиме перенакала нити, поэтому срок службы самолетных ламп меньше, чем наземных. Лампы накаливания чувствительны к изменению напряжения: его уменьшение на 10% снижает светоотдачу в 2 раза. Во избежание перегрева лампы и светильника и для регулирования силы света в цепь ламп, размещенных в кабине экипажа, включены реостаты, автотрансформаторы и транзисторы. При изменении с помощью переменного резистора потенциала базы меняются ток коллектора транзистора, а следовательно, и яркость горения ламп. Светильником называется устройство, служащее для механической защиты лампы, перераспределения и фильтрации ее светового потока, присоединения лампы к сети.

По форме создаваемого светового потока светильники делятся на шелевые, точечные и заливающие. Заливающие светильники освещают большую площадь.

**Системы освещения самолетов.** Их подразделяют на внутренние и внешние. Внутреннее освещение обеспечивает условия работы экипажа, создает удобства пассажирам и используется для выполнения наземной подготовки самолета в ночных условиях. К внутреннему освещению относится освещение кабины экипажа, пассажирских салонов, бытовых, технических и багажных помещений. Внешнее освещение самолета предназначено для обозначения самолета в пространстве, при рулении, взлете и посадке ночью. К внешнему освещению относятся бортовые аэронавигационные огни (БАНО), рулежно-посадочные фары ПРФ-4 и фары подсвета эмблемы самолета ночью ФР-100.

**Системы сигнализации самолетов.** Они подразделяются на внутреннюю (для сигнализации положения шасси, разгерметизации перенадува салонов, положения закрылков, предкрылков, стабилизатора, положения дверей, люков и защелок замков, замков интерцентроров и сигнализации об обледенении) и внешнюю (для визуального наблюдения за летящими самолетами ночью и при плохой видимости, а также при рулении самолета). К внешней сигнализации относятся самолетные маяки СМН-2КМ, МСЛ-3 и ОСС-61.

## 12.2. СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ОСВЕЩЕНИЯ НА САМОЛЕТЕ ТУ-154Б

Аэронавигационные огни (рис. 12.1) служат для обозначения контура самолета ночью. На концевых частях крыльев установлено по одному бортовому огню БАНО-57 (на правом крыле с зеленым светофильтром, а на левом — с красным). В арматурах БАНО-57 используют лампы СМ-28-70 (самолетная, малогабаритная, рассчитанная на напряжение 28 В мощностью 70 Вт). На обтекателе в хвостовой части размещен хвостовой аэронавигационный огонь ХС-62. В арматуре ХС-62 применяют лампу СМ-28-24 мощностью 24 Вт. Аэронавигационные огни включают при установке выключателя ВГ-15К (СА10) в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом срабатывает реле ТКЕ52ПОДГ (К11) и запитывает аэронавигационные огни БАНО-57 (НО1, НО2) и ХС-2 (НО3). Цепь питания АНО защищена автоматом защиты АЗСГК-10 (SF8), установленным в РК кухни, а цепь управления АНО — автоматом защиты АЗСГК-2 (SB9), установленным на панели автоматов защиты правой. Выключатель SAW находится на среднем пульте пилотов.

**Посадочно-рулежные фары ПРФ-4.** Они служат для освещения взлетно-посадочной полосы и рулежных дорожек при взлете, посадке и рулении по аэродрому. На самолете в передней части фюзеляжа и в крыльях смонтированы четыре выдвижные посадочно-рулежные фары ПРФ-4 (см. рис. 12.1, их показано две). Источником света в фаре ПРФ-4 служит лампа-фара СМФ-3 с двумя нитями: посадочной и рулежной. Фюзеляжными и крыльевыми фарами управляют попарно с помощью двух сдвоенных переключателей 2ППНГ-15К (SA3 и SA4). Один переключатель SA3 служит для управления выпуском и уборкой фар, другой SA4 — для переключения БОЛЬШОЙ—МАЛЫЙ СВЕТ. Контактор ТКД501ДОДГ (К5) предназначен для дистанционного включения нити БОЛЬ-

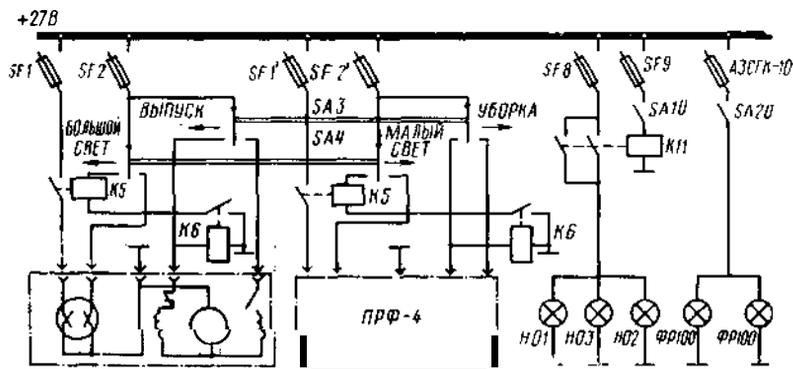


Рис. 12.1. Функциональная электрическая схема АНО, фар ПРФ-4 и ФР-100

ШОИИ СВЕТ лампы-фары. Реле ТКЕ22П1Г (К6) предотвращает включение большого света при убранный фаре.

### Основные технические данные лампы-фары СМФ-3

Напряжение питания, В	27
Потребляемый ток, А:	
электродвигателем	2,6
посадочной нитью	21,5
рулежной нитью	6,5
Время выпуска фары на угол $(88 \pm 1)^\circ$ , с	1,2
Потребляемая мощность, Вт:	
посадочной нитью	600
рулежной нитью	180
Сила света нити, кд:	
посадочной	400000
рулежной	25 000
Угол рассеивания фары при включении нити, $^\circ$ :	
посадочной	13
рулежной	30
Режим работы нити:	
посадочной	5 мин работы, 5 мин перерыв
рулежной	длительный
Срок службы нити, ч:	
посадочной	5
рулежной	75

Фара ПРФ-4 состоит из корпуса, обтекателя (в нем установлена лампа), электромеханического привода с реверсивным электродвигателем ЭД-12 (со встроенной в него электромагнитной муфтой торможения) и редуктора. Предохраняет электродвигатель от перегрузок фрикционная муфта. Угол выпуска фары регулируют с помощью регулировочного винта, позволяющего изменять угол выпуска фары в пределах  $50-69^\circ$  или  $69-88^\circ$ . Выдвижной сектор электромеханизма соединен жестко с обтекателем и при вращении выдвигает или убирает обтекатель с лампой. Для ограничения хода выходного вала имеются микровыключатели.

Переключатели управления выпуском и уборкой фар и переключатели управления светом фар размещены на верхнем электрощитке пилотов. Цепи управления выпуском и уборкой фар и цепи питания нитей малого света защищены автоматами защиты АЗСГК-10 ( $SF2, SF2'$ ) на панели автоматов защиты правой цепи питания нитей большого света лампы защищены автоматами защиты АЗСГК-25 ( $SF1$  и  $SF1'$ ).

**Фары подсвета эмблемы ФР-100.** Они служат для освещения ночью эмблемы, расположенной на киле. На самолете установлены две фары на обтекателях мотогондол I и III двигателей. В фаре ФР-100 применена лампа СМ-21М мощностью 70 Вт. Выключатель ВГ-15К ( $SA20$ ) включения фар расположен на среднем пульте пилотов.

При проверке внешнего состояния и крепления фар ПРФ-4 (при выпущенном положении), бортовых *НО1*, *НО2* и хвостового *НО3* огней, а также состояния их ламп не должно быть загрязнений светофильтров ламп, защитных стекол или корпусов, коррозии или вмятин на корпусах, трещин, сколов защитного стекла фар, провисания нитей накаливания ламп или их перегорания. При выпущенном положении фары нити накаливания должны располагаться горизонтально, рулежная нить (тонкая спираль) находится под посадочной нитью. Допускается незначительное потемнение нижней части отражателя под нитями накала площадью не более 80X X30 мм.

Если фара имеет механические повреждения, ее заменяют новой. Перед установкой фары на самолет в лаборатории регулируют угол выпуска фары: для крыльевых фар  $77 \pm 1^\circ$ , для фюзеляжных  $84 \pm 1^\circ$ . Светофильтры ламп *НО1—НО3* должны плотно прилегать по основанию и надежно крепиться. Следы загрязнения необходимо удалить хлопчатобумажной тканью.

### 12.3. СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА САМОЛЕТЕ ТУ-154Б \*

**Сигнализация положения опор шасси.** В электрическую схему сигнализации положения опор (рис. 12.2) шасси входят:

пилотажно-посадочный сигнализатор ППС-2МК (*12*), на котором установлены три зеленые лампы *Н3* сигнализации выпущенного положения шасси, три красные лампы *Н4* сигнализации промежуточного положения шасси, табло ВЫПУСТИ ШАССИ (*Н19*) и кнопка *SB2* проверки исправности ламп;

концевые выключатели ДП702 (*SB10*, *SB11*) выпущенного положения основных опор шасси, АМ800К (*SB12*) выпущенного положения передней опоры шасси, АМ800К (*SB7—SB9*) убранного положения шасси, АМ800К (*SB5*, *S6*) сигнализации закрытого положения створок основных опор шасси, А802Д—МАЛОГО ГАЗА (*SB15—1—SB15—3*);

сирена С-1 (*HA23*);

реле давления ИКДРДФ-0,06-0,5-О (*КР16*);

аппаратура управления.

Реле давления ИКДРДФ-0,06-0,05-О выдает команду на включение световой и звуковой сигнализации, если скорость самолета менее 325 км/ч, а шасси убраны или не установились на замки выпущенного положения. Расшифровка обозначения этого реле: И — измерительный; К — комплекс; ДР — реле давления; ДФ — измеряет избыточное давление или перепад; 0,06 — максимальное значение диапазона давления срабатывания, на которое настроен при-

---

\* Системы внутренней сигнализации самолета Ту-154Б являются наиболее типовыми из всех подобных систем самолетов.

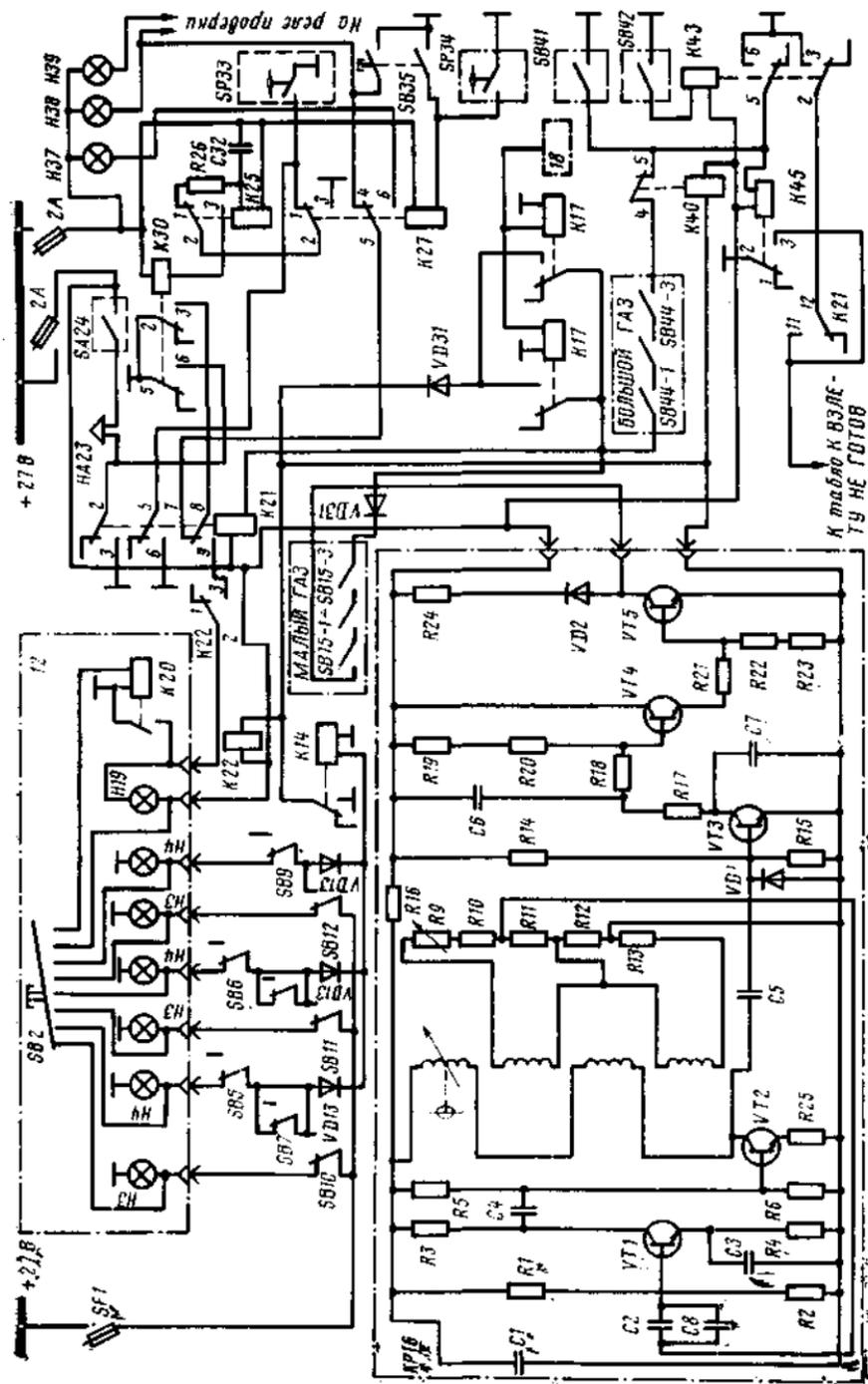


Рис. 12.2. Функциональная электрическая схема сигнализации положения шасси, разгерметизации и перенадува кабины, положения закрылков и предкрылков на самолете Ту-154Б

бор; **0,05** — значение давления, соответствующее срабатыванию прибора; **О** — открытое состояние прибора, при котором выдается **сигнал** на срабатывание исполнительного реле.

При выпущенных шасси и закрытых замках срабатывают **концевые** выключатели **SB10—SB12** и включают три сигнальные лампы **H3**. После взлета самолета во время уборки шасси переключаются концевые выключатели **SB10—SB12**. Отключаются лампы **H3** и включаются три сигнальные лампы **H4**. После уборки шасси переключаются концевые выключатели **SB7—SB9**. Концевой выключатель **SB9** отключает лампу **H4** сигнализации убранного положения передней опоры. После закрытия створок основных опор шасси переключаются концевые выключатели **SB5, SB6** и отключаются две лампы **H4** сигнализации убранного положения основных опор шасси и закрытия их створок. Одновременно при уборке шасси **при** переключении концевых выключателей **SB10—SB12** питание через диод **D237Б (VD13)** подается на обмотку реле **ТКЕ21ПОДГ (K14)**, которое, срабатывая, замыкает минус бортсети на обмотку реле **ТКЕ22П1Г (K22)** и на реле давления **SP16**, подготавливая его к работе. Реле **K22**, срабатывая, подготавливает цепь включения табло **H19**.

При заходе самолета на посадку сектор газа переводят в положение **МАЛЫЙ ГАЗ**, при этом **переключаются** концевые выключатели **SB15-1—SB15-3**. Если шасси убраны или одна из опор шасси не установилась на замок выпущенного положения, а скорость самолета снижена на **325 км/ч**, срабатывает реле давления **KP16**. Минус бортсети через контакты реле **K14**, открытый транзистор **VT15**, реле давления **KP16**, концевые выключатели **SB15-1—SB15-3**, диод **VD31** замыкается на обмотку реле **ТКЕ54-ПОДГ (K21)**. Это **реле**, срабатывая, контактами **3—2** замыкает минус бортсети на сирену (сигнал сирены предупреждает пилотов о необходимости выпуска шасси). Минус бортсети через контакты **6—5** реле **K21**, контакты **1—2** реле **K27**, контакты **2—1** реле **K25**, резистор **R26** подводится на обмотку реле **ТКЕ21ПОДГ (K25)**, и конденсатор **C32** заряжается.

Реле **K25**, срабатывая, контактами **2—1** размыкает цепи питания своей обмотки и заряда конденсатора **C32** (реле **K25** не отключается, так как через его обмотку разряжается конденсатор **C32**), а контакты **2—3** минус бортсети замыкают на обмотку реле **ТКЕ22П1Г (K30)**. Реле **K30**, срабатывая, минус бортсети через свои контакты **2—3**, контакты **8—9** реле **K21**, контакты **3—2** реле **K22** подает на лампу **H19**. После разряда конденсатора **C32** отключаются реле **K25** и **K30** и лампа **H19**. Затем процесс работы повторяется. Таким образом, сирена звучит непрерывно, а лампа **H19** мигает.

Если шасси не выпущены или одна из опор шасси не установилась на замок выпущенного положения к моменту начала выпуска закрылков, то по команде от системы **СПЗ-1А (18)** срабатывают

два реле ТКЕ21ПОДГ (*K17*). Минус бортсети через контакты реле *K14*, диод *VD31*, контакты реле *K17* замыкается на обмотку реле *K21*, при этом включаются сирена и лампа *H19*, как и при подаче сигнала от реле давления. Если опоры шасси выпущены и установлены на замки, переключаются концевые выключатели *SB10—SB12*, отключаются реле *K14*, *K22*, реле давления *KP16* и сигнализация. Для проверки исправности сигнальных ламп нажимают кнопку *SB2* проверки, при этом загораются все лампы и срабатывает реле РЭСЮ (*K20*), которое включает табло ВЫПУСТИ ШАССИ (*H19*).

Выключатель ВГ-15К (*SA24*) служит для отключения sireны.

**Сигнализация перенадува и разгерметизации салонов.** При их разгерметизации ниже установленного значения осуществляется прерывистым звучанием sireны *HA23* и миганием двух красных ламп на пульте бортинженера [в арматуре СЛМ-61 (*H38*) и на средней приборной доске пилотов — в табло ТС-2 Р КАБИНЫ МАЛО (*H39*)]. Чувствительным элементом системы является высотный сигнализатор ВС-46 (*SP33*) — анероидно-мембранный прибор, на котором задается высота (3000+150) м.

При падении давления в гермокабине ниже установленного значения в высотном сигнализаторе *SP33* замыкаются контакты и минус бортсети через контакты высотного сигнализатора *SP33*, контакты реле ТКЕ22П1Г (*K27*), контакты реле ТКЕ21ПОДГ (*K25*), через резистор *R26* замыкается на обмотку реле *K25* прерывистой сигнализации и на заряд конденсатора *C32*. Реле *K25*, срабатывая, включает на прерывистый режим работы реле *K30*, а оно — sireну *HA23*, две красные лампы *H38*, *H39*. При перенадуве салонов прерывисто звучит сирена *HA23* и мигает желтая лампа *H37* на пульте бортинженера. Чувствительным элементом системы является сигнализатор перенадува кабины СДУ4А-0,7 (*SP34*).

При перепаде давлений в кабине, равном 0,07 МПа, срабатывает сигнализатор *SP34*. Своими контактами он переключает минус бортсети к обмотке реле *K27*, которое, срабатывая, включает реле *K25*, и конденсатор *C32* заряжается. Реле *K25*, в свою очередь, включает sireну *HA23* на прерывистый режим работы и желтую сигнальную лампу *H37*. При включении сигнализации перенадува уменьшают наддув салонов до ее отключения.

Для проверки сигнализации перенадува и разгерметизации салонов на пульте бортинженера установлена кнопка проверки 2КНР (*SB35*), при нажатии которой включается реле *K27*, прерывисто звучит сирена *HA23*, мигает желтая лампа *H37* ПЕРЕНАДУВ и постоянно горит красная лампа *H38* ПАДЕНИЕ на пульте бортинженера. Табло Р КАБИНЫ МАЛО (*H39*) на средней приборной доске пилотов проверяют нажатием кнопки проверки ламп-табло.

**Сигнализация невзлетного положения закрылков и предкрылков.** Если перед взлетом рычаги управления трех двигателей по-

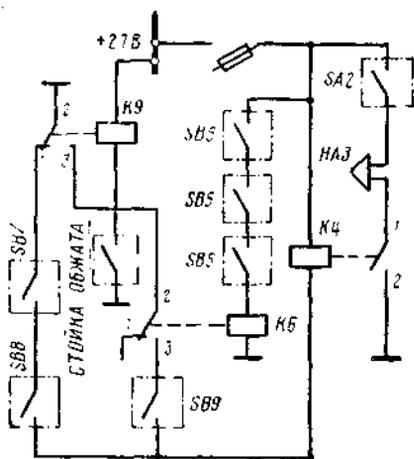


Рис. 12.3. Принципиальная электрическая схема сигнализации невзлетного положения стабилизатора на самолете Ту-154Б

ставлены в положение БОЛЬШОЙ ГАЗ, срабатывают концевые выключатели А802Д (*SB44-1.....SB44-3*) под рычагами управления двигателями. Если закрылки не выпущены на взлетный угол  $25\text{---}31^\circ$ , замыкаются контакты концевого выключателя *SB41* в левом механизме МКВ-41 2-й серии и минус бортсети через контакты выключателя *SB41*, контакты 5—4 реле ТКЕ52ПОДГ (*K40*), контакты концевых выключателей *SB44-1—SB44-3* замыкается на обмотке реле ТКЕ54ПОДГ (*K21*) и через контакты выключателя *SB41* — на обмотку реле ТКЕ22П1Г (*K45*). Срабатывая, реле *K21* включает сирену *HA23*, а реле *K45* подает сигнал на реле переключения датчика импульсов на табло К ВЗЛЕТУ НЕ ГОТОВ.

Если предкрылки на взлете не выпущены, контакты микровыключателя *SB42* механизма МКВ-40А будут замкнуты. Минус бортсети через его контакты замкнется на обмотку реле ТКЕ22П1Г (*K43*), которое, срабатывая, своими контактами 6—5 подключит минус бортсети через контакты 5—4 реле *K40* и концевые выключатели *SB44-1—SB44-3* к обмотке реле *K21*, а это реле контактами 3—2 включает сирену. Одновременно минус бортсети через контакты 3—2 реле *K43* и контакты 12—11 реле *K21* будет подан к табло К ВЗЛЕТУ НЕ ГОТОВ.

Реле ТКЕ52ПОДГ (*K40*) срабатывает при уборке шасси и размыкает цепь включения сигнализации невзлетного положения закрылков и предкрылков.

**Сигнализация положения стабилизатора.** Если стабилизатор установлен не на заданный угол перед взлетом или посадкой, включается сирена (рис. 12.3). Если перед взлетом стабилизатор установлен на угол менее  $2^\circ30'$ , срабатывает концевой выключатель *SB9* механизма МКВ-40А и замыкает свои контакты. Так как стойки опор шасси обжаты, срабатывает концевой выключатель обжатия стойки левой опоры шасси и включает реле ТКЕ21ПОДГ (*K9*). При перестановке рычагов управления двигателями в положение БОЛЬШОЙ ГАЗ срабатывают концевые выключатели А802Д (*SB5*) и включают реле ТКЕ54ПОДГ (*K6*), при этом минус бортсети через контакты 2—3 реле *K9*, *K6* и контакты концевого выключателя *SB9* механизма МКВ-40А замыкается на обмотку реле ТКЕ54ПОДГ (*K4*), которое включает сирену *HA3*.

При неправильном положении стабилизатора перед посадкой (угол установки менее минус  $2^{\circ}30'$ ) срабатывает концевой выключатель *SB7* механизма МКВ-40А и, если закрылки выпущены на угол  $45^{\circ}$ , микровыключатель *SB8* механизма МКВ-42А 2-й серии. Минус бортсети через контакты 2—1 реле *K9*, контакты концевых выключателей *SB7*, *SB8* замыкается на обмотку реле *K4*, и оно включает сирену *НАЗ*. Выключатель ВГ-15К (*SA2*) служит для отключения сирены.

Для предотвращения взлета самолета с незакрытыми дверьми. крышками грузовых отсеков и аварийных люков, а также закрытыми защелками замков предусмотрена световая сигнализация. Перед взлетом самолета двери, люки, защелки замков входных и служебных дверей закрывают, а защелки аварийных люков и аварийной двери открывают. Световое табло ТС-2 расположено на пульте бортинженера. Одновременно с загоранием лампы на табло подается напряжение на красную лампу К ВЗЛЕТУ НЕ ГОТОВ на средней приборной доске пилотов.

#### 12.4. РАДИОИЗОТОПНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР ОБЛЕДЕНЕНИЯ РИО-3

Сигнализатор предназначен для выдачи экипажу самолета сигнала о начале обледенения и автоматического включения его противообледенительной системы.

##### Основные технические данные

«Чувствительность» (минимальная толщина льда), при которой выдается сигнал ОБЛЕДЕНЕНИЕ, мм . . . . .	0,3±0,1
Дополнительное время, с:	
обогрева штыря датчика . . . . .	5±1
выдача сигнала ОБЛЕДЕНЕНИЕ . . . . .	20±2
Потребляемая мощность по току:	
переменному, В·А . . . . .	6
постоянному, Вт . . . . .	5
Мощность обогрева штыря датчика, Вт . . . . .	295
Напряжение питания по току, В:	
постоянному . . . . .	27
переменному . . . . .	200/115
Масса, кг . . . . .	1,7

Принцип работы прибора основан на ослаблении  $\rho$ -излучения радиоактивного изотопа слоем льда, нарастающим на чувствительной поверхности штыря датчика. Тип источника  $\rho$ -излучения — БИС-4А (радиоактивный изотоп Sr-90 плюс Y-90 активностью 4—6 мКи с периодом полураспада 28,4 года).

Детектор излучения *D* (рис. 12.4) преобразует интенсивность излучения от источника БИС-4А (*ИИ*) в последовательность импульсов с определенной скоростью следования. Амплитуда импульса на выходе датчика равна 0,2—3 В при длительности импульса

( $40 \pm 10$ ) мкс. Усилитель У усиливает сигнал, поступающий с датчика, до необходимой амплитуды. С выхода усилителя импульсы следуют на вход формирователя Ф, собранного по схеме триггера Шмитта и формирующего импульсы одинаковой амплитуды, не изменяя скорости следования. Интенсиметр И служит для преобразования скорости следования импульсов в пропорциональную ей амплитуду сигнала. Импульсы с выхода интенсиметра поступают на вход порогового каскада ПК, который срабатывает при определенном уровне сигнала, соответствующем толщине льда на датчике 0,3 мм.

Исполнительный каскад ИК представляет собой усилитель мощности. На исполнительный каскад поступают сигналы с выхода формирователя и порогового каскада. Работает он в режиме переключения, при этом исполнительное реле обесточено. В условиях обледенения на этот каскад подается сигнал только с выхода формирователя, при этом срабатывает исполнительное реле и выдает команду ОБЛЕДЕНЕНИЕ. Блок задержки БЗ создает дополнительное время обогрева штыря датчика (для полного сброса льда) и дополнительного времени выдачи сигнала ОБЛЕДЕНЕНИЕ. Электронный блок питается от бортовой сети постоянного тока напряжением 27 В, датчик через блок БП — от сети переменного тока напряжением 115 В, которое повышается трансформатором Т1 (рис. 12.5) до напряжения 390 В, выпрямляется селеновым выпрямителем VD5, сглаживается фильтром (конденсатор C24, резистор R56), стабилизируется стабилитроном VЛ1 и через резистор R1 поступает на датчик). В электронном блоке предусмотрен вывод для подключения блока питания на напряжение 200 В.

Электрическая схема сигнализатора РИО-3 работает следующим образом. Датчик сигнализатора (ДС) представляет собой цилиндрический штырь, в верхней части которого расположен радиоактивный элемент, а на самом штыре датчика — нагревательный элемент. Радиоактивный и нагревательный элементы закрыты экраном, в котором имеется место с более тонкими стенками для прохода излучения.

Детектор излучения — газоразрядный счетчик СТС-5 (счетчик Гейгера) — работает в импульсном режиме. На анод счетчика подается постоянное напряжение 390 В. Частота разряда счетчика зависит от потока р-частиц, а он, в свою очередь, — от толщины слоя льда на штыре датчика. При обледенении поток р-частиц уменьшается, что снижает частоту разряда счетчика. При прохождении через счетчик р-частиц в нем возникает разряд, происходит

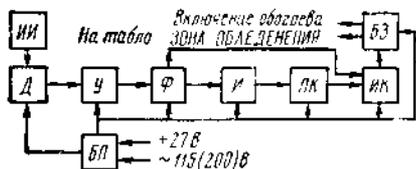


Рис. 12.4. Структурная схема сигнализатора РИО-3

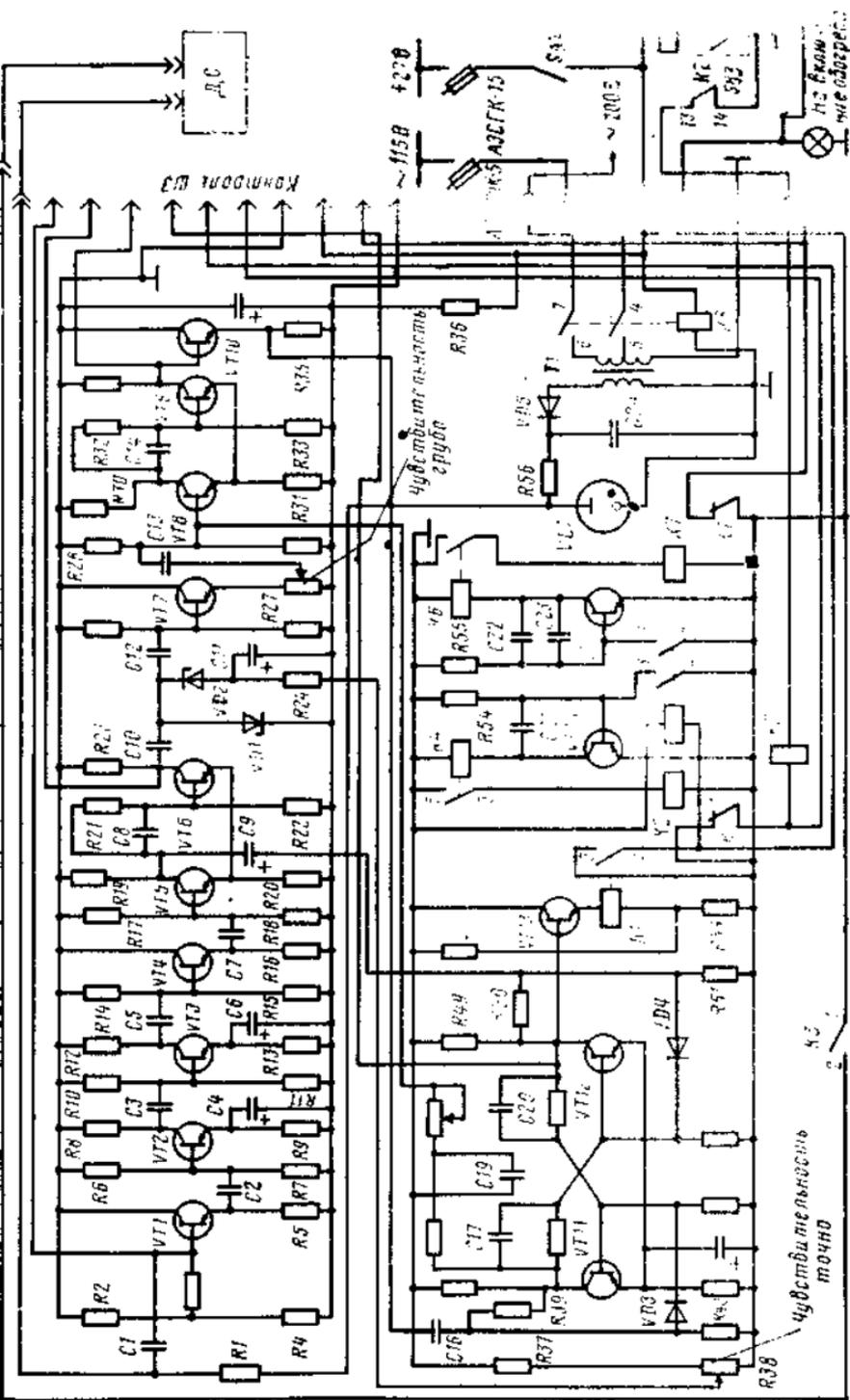


Рис. 12.5. Функциональная электрическая схема сигнализатора РИО-3

пульсы отрицательной полярности через конденсатор  $C1$  поступают на вход усилителя.

Усилитель собран на транзисторах  $VT1—VT4$ . Импульсы отрицательной полярности со счетчика следуют на вход эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе  $VT1$ , который согласует выходное сопротивление датчика с входным сопротивлением усилителя. Нагрузкой транзистора  $VT1$  является резистор  $R5$ . С него импульсы отрицательной полярности через конденсатор  $C2$  поступают на базу транзистора  $VT2$ . На транзисторах  $VT2, VT3$  собран двухкаскадный усилитель по схеме с общим эмиттером и обратной связью по току.

Выходное сопротивление усилителя согласуется с входным сопротивлением формирователя — эмиттерным повторителем, собранным на транзисторе  $VT4$ . Для температурной стабилизации схемы усилителя на резисторах  $R6$  и  $R7, R10$  и  $R11, R14$  и  $R15, R17$  и  $R18$  собраны делители напряжения, задающие потенциалы баз транзисторов  $VT2—VT4$ . Тем самым они достаточно жестко фиксируют потенциал эмиттера. При этом эмиттерный ток сильно не меняется. Коэффициент усиления усилителя равен не менее 40.

Формирователь собран на транзисторах  $VT5, VT6$  и представляет собой триггер с эмиттерной связью. В исходном состоянии транзистор  $VT6$  открыт и насыщен, транзистор  $VT5$  закрыт. Открытое состояние транзистора  $VT6$  обеспечивает высокий отрицательный потенциал коллектора транзистора  $VT5$ , который передается на базу транзистора  $VT6$ . Когда на базу транзистора  $VT5$  поступает сигнал отрицательной полярности и достигает порога срабатывания, он открывается.

Положительный потенциал коллектора транзистора  $VT5$  увеличивается и передается на базу транзистора  $VT6$ , который закрывается. Триггер переключается. При уменьшении амплитуды сигнала до порога опускания на базе транзистора  $VT5$  триггер возвращается в исходное состояние. С коллектора транзистора  $VT5$  импульсы положительной полярности через конденсатор  $C9$  и диод  $VD4$  идут на базу транзистора  $VT12$  исполнительного каскада. Сигнал с коллектора транзистора  $VT6$  через конденсатор  $CЮ$  подается на интенсиметр (длительность импульса 10 мкс).

Интенсиметр собран на конденсаторах  $C10, C11$  и диодах  $VD1, VD2$ . Основное преимущество схемы интенсиметра — напряжение на интегрирующей емкости  $СИ$  не зависит от длительности входных импульсов, что позволяет на выходе этого каскада формировать импульсы только по амплитуде. Когда на вход интенсиметра сигнал с выхода формирователя не поступает, конденсатор  $CЮ$  разряжается через диод  $VD1$ , резистор  $R20$  и открытый транзистор  $VT6$ . Конденсатор  $СИ$  разряжается по цепи  $R36, R38, R24$ , а когда на вход подается сигнал, конденсаторы заряжаются по цепи  $+27 В, R36, C11, VD2, C10, R23$ , минус. В дальнейшем процесс работы повторяется.

Амплитуда сигнала на конденсаторе *СИ* зависит от скорости следования импульсов (от частоты переключения формирователя или от толщины льда на штыре датчика), и чем меньше скорость следования импульсов, тем больше разряжается конденсатор *СП* и меньше амплитуда сигнала на выходе интенсиметра. Таким образом, интенсиметр преобразует скорость следования импульсов в пропорциональную ей амплитуду. Переменным резистором *R38* можно точно регулировать время разряда конденсатора *СП* и амплитуды выходного сигнала, т. е. чувствительность прибора. Сигнал с выхода интенсиметра идет на вход порогового каскада.

Пороговый каскад собран на транзисторах *VT7—VT10*. Импульсы с выхода интенсиметра через конденсатор *С12* поступают на вход порогового каскада, в качестве которого применен триггер с эмиттерной связью (триггер Шмитта). Для согласования входного сопротивления порогового каскада с выходным сопротивлением интенсиметра и выходного сопротивления исполнительного каскада с выходным сопротивлением порогового каскада на транзисторах *VT7, VT10* собраны эмиттерные повторители. На транзисторах *VT8, VT9* собран триггер, работа которого аналогична работе триггера формирователя, собранного на транзисторах *VT5, VT6*. Импульсы отрицательной полярности с выхода порогового каскада через конденсатор *С16* и диод *VD3* подводятся на базу транзистора *VT1* исполнительного каскада. С помощью переменного резистора *R27* можно выполнять грубую регулировку чувствительности. Когда обледенения нет, на вход порогового каскада следует сигнал, достаточный для переключения триггера, и он работает в режиме переключения. При образовании на штыре датчика льда скорость следования импульсов уменьшается, снижается амплитуда сигнала на входе порогового каскада и при толщине льда на штыре датчика 0,3 мм триггер порогового каскада не переключается. Пороговый каскад срабатывает.

Исполнительный каскад собран на транзисторах *VT11—VT13* симметричный триггер с эмиттерной связью — на транзисторах *VT11, VT12*. Симметричный триггер управляет усилителем (транзистор *VT13*), нагрузка усилителя — обмотка реле *K1*. На базу транзистора *VT12* через дифференцирующую цепочку *С9, R50, R51* с коллектора транзистора *VT5* поступают импульсы положительной полярности. На базу транзистора *VT11* через дифференцирующую цепочку *С16, R39, R40* с эмиттера транзистора *VT10* подаются импульсы отрицательной полярности. Если обледенения нет, каждый импульс, проходящий с формирователя, закрывает транзистор *VT12*, а импульс каскада — транзистор *VT11*. Триггер работает в режиме переключения.

Время между передним фронтом импульса с формирователя и задним фронтом импульса с порогового каскада составляет 10 мкс, минимальное время между импульсами — 100 мкс, поэтому симметричный триггер значительное время находится в таком состоя-

нии, при котором транзистор *VT12* открыт, а транзистор *VT13* закрыт и реле *K1* обесточено. Сигнал ОБЛЕДЕНЕНИЕ не выдается.

Когда самолет находится в зоне обледенения и штырь датчика покрыт льдом, поток  $\beta$ -частиц ослабляется, уменьшается скорость следования импульсов и амплитуда сигнала на выходе интенсиметра. При нарастании слоя льда 0,3 мм на штыре датчика амплитуда сигнала на выходе интенсиметра достигает значения срабатывания триггера порогового каскада. Сигнал положительной полярности поступает на базу транзистора *VT12*, и он будет закрыт. При этом открывается транзистор *VT13*. Реле *K1* срабатывает, и напряжение бортсети через контакты реле *K1* поступает на обмотку реле *K5*, которое, срабатывая, через контакты 4—5 и 7—6 подает напряжение бортсети на базы транзисторов *VT14*, *VT15* и на заряд конденсаторов *C21*—*C23*. Транзисторы *VT14*, *VT15* закрываются, а реле *K4*, *K6*, которые служат нагрузкой транзисторов, обесточиваются и отключают реле *K2*, *K7*. Напряжение бортсети через контакты реле *K7* следует на включение сигнальной лампы ОБЛЕДЕНЕНИЕ и выдает команду на включение противообледенительной системы и через контакты реле *K2* — на обмотку реле *K3*, которое, срабатывая, включает обогрев штыря датчика.

После прогрева штыря датчика поток  $\beta$ -частиц увеличивается, что повышает скорость следования импульсов и амплитуду сигнала на выходе интенсиметра. Триггеры порогового каскада и исполнительного каскада переходят в режим переключения, при этом закрывается транзистор *VT13*, а реле *K1*, *K5* обесточиваются. Реле *K5* контактами 1—5 отключает напряжение бортсети от базы транзистора *VT15*; контактами 6—7 — от базы транзистора *VT14*. Контакт 4 реле *K5* замыкается через резистор *R54* и обмотку реле *K7* на отрицательный потенциал базы транзистора *VT14* (контакт 5 реле *K5* закрыт). Через 5 с транзистор *VT14* открывается, контактами 1—2 реле *K14* включает реле *K2*, а оно отключит реле *K7*. После окончания обледенения продолжится, штырь датчика прогреется, и процесс работы повторится, при этом сигнал ОБЛЕДЕНЕНИЕ не снимается.

На транзисторе *VT15* собрано реле времени, работающее аналогично реле времени, собранному на транзисторе *VT14*, с задержкой времени 20 с. После выхода самолета из зоны обледенения через 5 с отключается обогрев штыря датчика, а через 20 с снимается сигнал ОБЛЕДЕНЕНИЕ.

Во всех случаях, когда самолет находится на земле, штырь датчика сигнализатора РИО-3 должен быть закрыт защитным кожухом с флажком. Если при проверке сигнализатора РИО-3 выяснилось, что его дальнейшая эксплуатация невозможна, датчик сигнализатора с источником радиоактивного излучения отправляют на завод-изготовитель или передают по акту в специализированную организацию. Датчик с источником радиоактивного излучения уничтоживаются эксплуатирующей организацией и не подлежат.

При обжатии стойки левой опоры шасси срабатывает концевой выключатель  $SB3$  и включает реле ТКЕ26П1Г ( $K2$ ), которое своими контактами  $13-14$  отключает минус бортсети от обмотки реле  $K3$  электронного блока, и включить обогрев датчика на земле невозможно.

## 12.5. СИСТЕМЫ ВНЕШНЕЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

**Самолетный импульсный маяк СМИ-2КМ.** Он предназначен для визуального наблюдения ВС. В комплект СМИ-2КМ входят блок питания и два светильника СИ-2П (СИ-2У) с лампами ИФК-2000 и трансформаторами поджига ТП-2.

### Основные технические данные

Дальность видимости, км	60
Максимальная сила света, млн. кд	1
Частота вспышек каждой лампы, мин <sup>-1</sup>	45+10
Напряжение питания, В	115
Потребляемый ток, А	5
Емкость блоков конденсаторов $C8$ , мкФ	309
Напряжение, В:	
на лампе	970
на первичной обмотке трансформатора поджига	300
на вторичной обмотке трансформатора	18000
Срок службы, ч	1 000
Максимальная высота работы, км	15
Масса, кг	13,5

Принцип действия маяка основан на заряде конденсаторов  $C8$  (рис. 12.6) от источника переменного тока через выпрямитель с периодическим разрядом через импульсную лампу. Конденсаторы заряжаются по симметричной схеме ушестерения напряжения.

При положительном полупериоде на выводе 2 конденсатор  $C2$  заряжается через диод  $VD3$  до напряжения  $U_1 = \sqrt{2}U$ , при положительном полупериоде на выводе 1 заряжается конденсатор  $C5$  через диод  $VD2$  до напряжения  $U_2 = 2\sqrt{2}U$ , так как напряжение источника питания складывается с напряжением заряда конденсатора  $C2$ , соединенного с конденсатором  $C5$  последовательно и согласно. В очередной положительный полупериод на выводе 2 заряжается конденсатор  $C1$  через диод  $VD1$  до напряжения  $U_3 = 3\sqrt{2}U$ , так как складывается напряжение источника питания и конденсатора  $C5$ , соединенного с конденсатором  $C1$  последовательно и согласно.

Конденсаторы  $C3$ ,  $C6$ ,  $C4$  заряжаются аналогично конденсаторам  $C2$ ,  $C5$ ,  $C1$ . Так как конденсаторы  $C1$ ,  $C4$  соединены последовательно и согласно на блок конденсаторов  $C8$ , то на нем возникает максимально возможное напряжение:  $U_{\max} = 6\sqrt{2}U = 6 \cdot 1,41 \cdot 115 \approx 970$  В.

При разряде конденсатора  $C8$  через лампу ИФК-2000 газ ионизируется высоковольтным импульсом, поступающим на электрод поджига со вторичной обмотки трансформатора поджига  $T1$  за счет разряда на его первичную обмотку конденсатора  $C7$ . Конденсаторы  $C7, C9$  заряжаются параллельно конденсаторам  $C3, C4$  через резисторы  $R4, R5$ , разряжаются через тиристоры  $VS10, VS13$  и первичные обмотки трансформаторов поджига  $T1, T2$ . Тиристорами  $VS10, VS13$  управляет мультивибратор, собранный на транзисторах  $VT1, VT2$ . Мультивибратор питается за счет падения напряжения на диоде  $VD6$ , которое стабилизируется стабилитронами  $VD7, VD8$ .

Мультивибратор работает следующим образом. Предположим, что транзистор  $VT1$  открыт, а  $VT2$  закрыт. Конденсатор  $C12$  разряжается по двум цепям. Первая цепь: конденсатор  $C2$ , резистор  $R9$ , открытый транзистор  $VT1$  (на резисторе  $R9$  создается падение напряжения, которое плюсом приложено к базе  $VT2$ , и он будет закрыт). Вторая цепь: конденсатор  $C12$ , резисторы  $R10, R3, R6$ , конденсатор  $C12$ . Конденсатор  $C13$  заряжается по цепи: плюс источни-

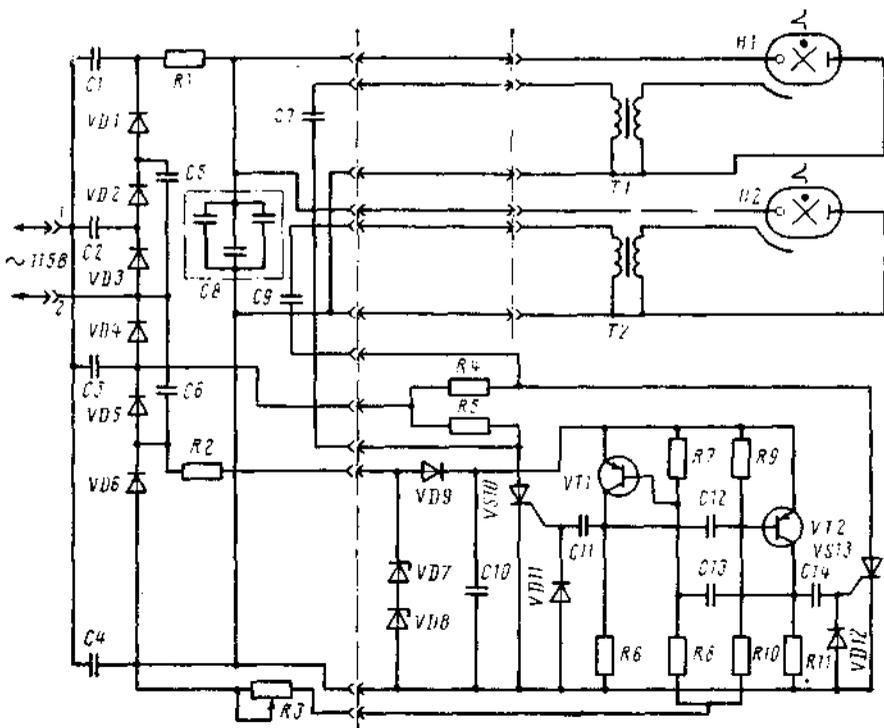


Рис. 12.6. Функциональная электрическая схема маяка СМl-2КМ

ка, диод *VD9*, переход эмиттер—база *VT1*, конденсатор *C13*, резистор *R1*, минус источника.

После разряда конденсатора *C12* транзистор *VT2* начинает открываться и конденсатор *C13* разряжается по двум цепям. Первая цепь: конденсатор *C13*, резистор *R7*, открытый транзистор *VT2*, конденсатор *C13* (на резисторе *R7* создается падение напряжения, которое плюсом приложено к базе транзистора *VT1*, и он закрывается). Вторая цепь: конденсатор *C13*, резисторы *R8*, *R3*, *R11*, конденсатор *C13*.

Конденсатор *C12* заряжается по цепи: плюс источника, диоды *VD9*, *VD19*, переход эмиттер—база *VT2*, конденсатор *C/2*, резистор *R6*, минус источника. При разряде конденсаторов *C12*, *C13* на резисторах *R6*, *R11* напряжение растет, что способствует закрытию транзисторов *VT1* и *VT2*. В дальнейшем процесс работы повторяется. Частота чередования импульсов мультивибратора регулируется резистором *R3*.

Импульсы положительной полярности с коллектора транзистора *VT1* или *VT2* через конденсатор *C11* или *C14* поступают на управляющий электрод тиристора *VS10* или *VS13*. При подаче положительного импульса на управляющий электрод тиристора *VS10* или *VS13*. При подаче положительного импульса на управляющий электрод тиристора *VS10* он открывается и конденсатор *C7*, заряженный до напряжения 300 В, разряжается через тиристор *VS10* и первичную обмотку трансформатора поджига *T1*. Во вторичной его обмотке индуцируется импульс напряжения 18000 В, который следует на электрод поджига лампы *H1*. Газ лампы начинает ионизироваться, и конденсатор *C8*, заряженный до напряжения 970 В, разряжается через лампу, дающую импульс света, по спектральному составу близкий к солнечному свету с голубоватым оттенком. После разряда конденсатора *C7* лампа *H1* не работает.

При подаче положительного импульса на управляющий электрод тиристора *VD13* аналогично разряжается конденсатор *C9* и работает лампа *H2*. Для того чтобы при разряде конденсатора *C11* или *C14* разрядный ток не протекал через управляющий электрод тиристора *VS10* или *VS13*, служат диоды *VD11*, *VD12*. Сопrotивление резисторов *R4*, *R5* выбрано таким, чтобы конденсаторы *C7* и *C9* успевали зарядиться за период между вспышками ламп *H1*, *H2*.

Самолетный импульсный маяк СМИ-2КМ не имеет съема заряда с конденсаторов, поэтому все работы с блоком питания производят, предварительно замкнув выводы /, 4 штыревого разъема через резистор 20—200 Ом для полного разряда батареи конденсаторов. Частота мигания ламп регулируется резистором *R3*, при замене ламп ИФК-2000 соблюдают полярность (толстый электрод внутри колбы является плюсом).

**Указания по технической эксплуатации систем освещения.** Необходимо проверить внешнее состояние и крепление фар ПРФ-4. ФР-9, арматур аэронавигационных огней БАНУ-57 и хвостового

ХС-62, нижнего светильника импульсного маяка СМИ-2КМ. Не допускаются загрязнение, трещины, сколы защитных стекол и светофильтров, ослабление крепления фар и светильника импульсного маяка. Допускается потемнение нижней части отражателя колбы под нитями накала размером не более  $80 \times 30$  мм. Загрязнение необходимо удалить хлопчатобумажной салфеткой; заменить колбу фары, светофильтр, защитное стекло с механическими повреждениями; подтянуть ослабленные винты крепления.

Проверить состояние и крепление люминесцентных электроламп и электроламп СМ-28-5-1 дежурного освещения в светильниках. Электролампы не должны иметь потемнения колб (обрыва или провисания нитей накаливания у СМ-28-5-1). Неисправные электролампы заменить.

### Вопросы для самоконтроля

1. Системы внешнего освещения. Как будет работать схема управления фарами при обрыве обмотки реле  $K6$ ?
2. Система внутренней сигнализации. Принцип работы реле давления НКДРДФ-0,06-0,05-0. В каких случаях включается сирена?
3. Радиоизотопный сигнализатор обледенения РИО-3. Принцип его работы. Как будет работать схема РИО-3, если произойдет обрыв обмотки реле  $Ko$ ? Как будет работать схема РИО-3, если произойдет обрыв обмотки реле  $KI$ ?
4. Самолетный импульсный маяк СМИ-2КМ. Как будет работать схема СМИ-2КМ, если увеличить сопротивление резистора  $R3$ ? Как будет работать схема СМИ-2КМ, если уменьшить сопротивление резистора  $R3$ ?

## Глава 13

### ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА САМОЛЕТОВ

#### 13.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При полете самолета в условиях обледенения покрываются льдом плоскости, хвостовое оперение, стекла фонаря кабины экипажа, входные направляющие аппараты двигателей. Это увеличивает полетную массу самолета, ухудшает аэродинамические качества и повышает вибрацию, что опасно для полета. Для безопасности полетов в условиях обледенения применяют противообледенительные системы, в которых используют два источника тепла — воздушный и электрический.

Воздушный источник тепла представляет собой нагретый воздух, отбираемый от компрессора авиадвигателей и передаваемый к местам использования по трубопроводам. Такой вид тепла по сравнению с электрическим имеет следующие преимущества: нет необходимости в специальном источнике тепла; сокращается расход электроэнергии. Однако используемые для передачи тепла изолированные трубопроводы имеют большую массу.

У электрических источников тепла следующие достоинства: обогрев может осуществляться как в полете, так и на земле, для передачи тепла не требуется сложных систем; нагрев для экономии электроэнергии можно регулировать; можно использовать переменный ток нестабильной частоты, что упрощает систему электроснабжения обогревателей.

На самолетах применяют электротепловые и воздушно-тепловые противообледенительные системы: обогрева стекол фонаря кабины экипажа, предкрылков, стабилизатора, хвостового оперения, крыльев; входных направляющих аппаратов двигателей (ВНА), а на турбовинтовых двигателях — электротепловые противообледенительные системы обогрева винтов и их обтекателей.

### 13.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Обогрев стекол фонаря кабины экипажа. Для обзора при полете в условиях обледенения на самолете Ту-154Б установлены три электрообогревательных стекла. Кроме того, в комплект системы обогрева входят: автомат обогрева стекол АОС-81М, три автотрансформатора АТ7-1,5, аппаратура коммутации и управления.

Электрообогреваемые стекла конструктивно выполнены одинаково и отличаются только размерами площади и значениями потребляемой электрической мощности.

#### Основные технические данные стекол Т-54.01 (лобового) и Т-54.02 (бокового)

Площадь электрообогрева стекла, см <sup>2</sup> :	
лобового . . . . .	1472
бокового . . . . .	2169
Потребляемая мощность нагревательного элемента стекла, В·А:	
лобового . . . . .	885 + 200
бокового . . . . .	1300 + 290
Потребляемый ток нагревательного элемента стекла, А:	
лобового . . . . .	3,54—4,66
бокового . . . . .	5,18—6,84
Сопротивление нагревательного элемента стекла, Ом:	
лобового . . . . .	36,7—77,7
бокового . . . . .	25—53
Сопротивление терморезистора при температуре +20°С, Ом	
	6500 ± $\frac{1500}{2000}$
Масса стекла, кг:	
лобового . . . . .	2 3
бокового . . . . .	30

Электрообогреваемые стекла состоят из наружного, среднего и внутреннего слоев. На внутренней поверхности наружного стекла толщиной 4 мм расположены шины, нанесена токопроводящая пленка (нагревательный элемент) и установлены два терморезистора — рабочий и резервный. Наружное стекло приклеено к средне-

му бутварной пленкой, а к среднему стеклу (также бутварной пленкой) приклеено внутреннее стекло. Наружное стекло несиловое и нагрузки от внутреннего давления не воспринимает. Среднее и внутреннее стекла силовые. Они несут нагрузку от внутреннего избыточного давления. Стекла обогреваются от переменного тока напряжением 190, 208, 230, 250 В частотой 400 Гц. Напряжение, необходимое для питания каждого стекла, определяет завод-изготовитель исходя из сопротивления токопроводящего слоя, полученного при нанесении. Оно обязательно указывается в паспорте стекла.

Терморезисторы представляют собой полупроводники, имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления. Их изготавливают в виде таблетки диаметром 5,5 мм, к которой припаяны соединительные проводники для подключения.

Для автоматического регулирования температуры электрообогреваемых стекол установлен автомат обогрева стекол АОС-81М, состоящий из шасси с панелью и кожуха. На шасси смонтированы три реле РЭС-9Д (РВЗ-45) и три поляризованных реле РП-4. Внизу шасси установлено шесть резисторов и три конденсатора. На лицевой стороне панели расположены ручки под шлиц регулировочных реостатов со шкалами, закрытые крышкой, и штепсельный разъем. Шасси с панелью вставлено в металлический кожух и прикреплено к нему гайками.

У автомата АОС-81М три канала, каждый из них включает мостовую схему с короткозамкнутой диагональю, двумя плечами которой являются обмотки  $L_1$  и  $L_2$  поляризованного реле РП-4 (рис. 13.1), переменный резистор  $R_p$  и терморезистор  $R_k$ . Сопротивление обмоток реле РП-4 равно 4800 Ом. Переменный резистор сопротивлением 10000 Ом служит для настройки автомата обогрева на заданную температуру стекла. Параллельно контактам реле РП-4 включены для искрогашения резистор и конденсатор. Принцип действия канала автомата основан на изменении сопротивления терморезистора при изменении температуры поверхности стекла.

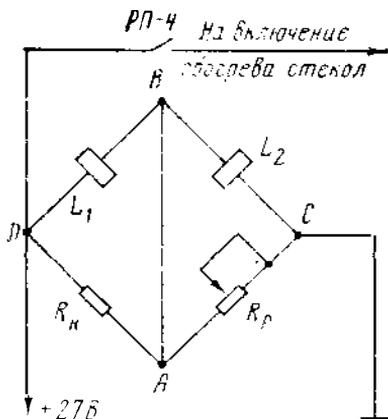


Рис. 13.1. Принципиальная электрическая схема канала автомата обогрева стекол АОС-81М

При сбалансированной схеме по обмоткам реле РП-4 протекает ток, который наводит в каждой из них магнитный поток, равный по значению и противоположный по направлению, и реле РП-4 не срабатывает. При увеличении сопротивления терморезистора (при охлаждении стекла) ток в обмотках реле РП-4 пер-

распределяется: в обмотке  $L_1$  ток возрастает, а в обмотке  $L_2$  уменьшится. Магнитный поток, создаваемый током первой обмотки, станет больше магнитного потока, создаваемого током второй, и реле РП-4, срабатывая, включит реле РЭС-9Д. Реле РЭС-9Д, сработав, выдаст сигнал на включение обогревательного элемента стекла. По мере нагревания стекла сопротивление терморезистора уменьшится, ток в обмотке  $L_2$  возрастет, а ток в обмотке  $L_1$  уменьшится, соответственно изменятся и значения магнитных потоков. Реле РП-4, отключаясь, обесточит реле РЭС-9Д, которое отключит обогревательный элемент, и стекло постепенно охладится. Затем процесс повторится.

Для предохранения стекла от растрескивания при перегревах применяют два режима обогрева — СЛАБО и СИЛЬНО (рис. 13.2). При установке переключателя ППНГ-15К (*SA6*) в положение СЛАБО напряжение бортсети поступает на вывод *М* автомата АОС-81М (*4*). При низкой температуре стекла срабатывают реле РП-4 и РЭС-9Д и напряжение бортсети через вывод *Д* автомата *4* подается на обмотку контактора ТКД2010ДГ (*K3*), который, срабатывая, подключает автотрансформатор АТ7-1,5 (*T2*) к сети переменного тока. К автотрансформатору *T2* подсоединен нагревательный элемент *ЕК* стекла через диод Д232А (*VD14*). Диод *VD14* пропускает ток в один полупериод, и стекла обогреваются в режиме СЛАБО.

При установке переключателя *SA6* в положение СИЛЬНО напряжение бортсети поступает на обмотки реле ТКЕ21ПОДГ (*K13*) и контактора ТКД2010ДГ (*K8*). Реле *K13*, срабатывая, подает напряжение бортсети на вывод *М* автомата обогрева *4*. Контактор *K8*, срабатывая, шунтирует диод *VD14*, и ток через нагревательный элемент стекла протекает в оба полупериода. При нагреве стекла до  $+30^\circ\text{C}$  сопротивление терморезистора резко уменьшается, при этом контакты реле РП-4 размыкаются, реле РЭС-9Д отключается и обесточивает контактор *K3*, который отключает автотрансформатор и нагревательный элемент стекла. Затем процесс работы повторяется.

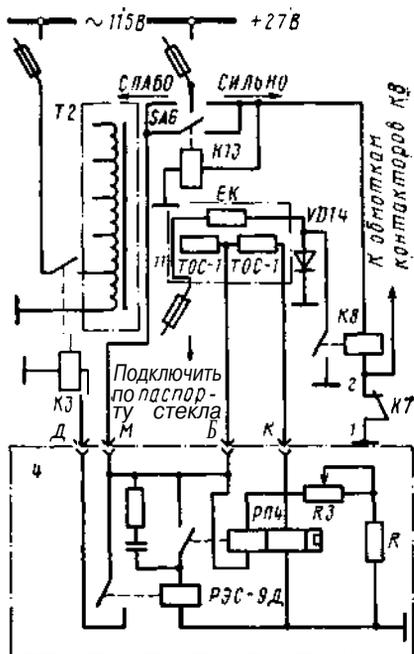


Рис. 13.2. Принципиальная электрическая схема обогрева стекол на самолете Ту-154Б

Для предохранения стекол от перегрева на земле при слабом обдуве во время пробега самолета левая стойка шасси обжимается, при этом срабатывает реле ТКЕ56ПОДГ (*K7*), контактами 1—2 отключая минус бортсети от обмотки контактора *K8*. Контактор *K8* при установке переключателя *SA6* в положение СИЛЬНО не срабатывает и стекла будут обогреваться только в режиме СЛАБО.

На самолете Ту-154М при включении обогрева стекол в положение СИЛЬНО первичная обмотка автотрансформатора подключается на линейное напряжение  $\sim 200$  В, Б режиме СЛАБО — на фазное напряжение  $\sim 115$  В.

Обогрев стекол проверяют на земле перед полетом при температуре окружающей среды ниже температуры настройки (рукой на ощупь с внешней стороны стекла) и по амперметру (по потребляемому току), а если выше — с помощью проверочной установки.

При предполетном техническом обслуживании осматривают остекление, проверяют, нет ли дефектов, при необходимости удаляют со стекол лед, грязь и пыль (лед удаляют теплым воздухом от подогревателя температурой не выше  $+50^\circ\text{C}$ ).

На самолете Ту-134А температура нагрева стекла также регулируется с помощью автомата АОС-81М. Нагревательный элемент стекла первого пилота питается через автотрансформатор АТ6-1 от основного преобразователя ПО-4500 7-й серии, а нагревательный элемент стекла второго пилота — через автотрансформатор АТ7-1,5 от резервного.

**Система обогрева предкрылков** (рис. 13.3). На самолете Ту-154Б применена электротепловая противообледенительная система предкрылков. Между внутренней и внешней обшивками предкрылков установлены нихромовые нагревательные элементы, опрессованные в стеклоткань. Эти элементы соединены в секции. Первый, второй и третий предкрылки имеют по две секции, а четвертый и пятый — по одной. Нагревательные элементы питаются от бортовой сети напряжением 115 В через контакты контакторов ТКД503ДОД (*K23, K23'*). В минусовые цепи обмоток контакторов включены биметаллические термовыключатели АД155М-А12 (*SK26, SK26'*), которые размыкают свои контакты при нагреве до  $+80^\circ\text{C}$  и замыкают их при  $+40^\circ\text{C}$ , предохраняя обшивку предкрылков от перегрева. Цепи управления питаются от бортсети постоянного тока напряжением 27 В.

Команды на включение и отключение электрообогревательных секций выдает программный механизм ПМБ-154, установленный в коробке ПМК-21. Программный механизм ПМБ-154 состоит из электродвигателя Д-2РТ, редуктора, программных кулачков и микровыключателей В611 (*О, А, Б*). Кроме программного механизма, в коробке ПМК-21 находятся реле ТКЕ26ПД1 (*K1*), ТКЕ24ПД1 (*K2, K3*). Для наземной контрольной проверки системы обогрева

предусмотрен контрольный штепсельный разъем, к которому подключают тестер НТПП-1.

Предкрылки имеют постоянный и циклический обогрев, которые включают при нахождении самолета в зоне обледенения. Систему обогрева предкрылков включают только в полете. На земле при обжати стоек шасси срабатывает концевой выключатель SB34, включающий реле ТКЕ52ПЮДГ (K3) и размыкающий цепь управления обогревом. При установке выключателя ВГ-15К (SA4) в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортовой сети через контакты

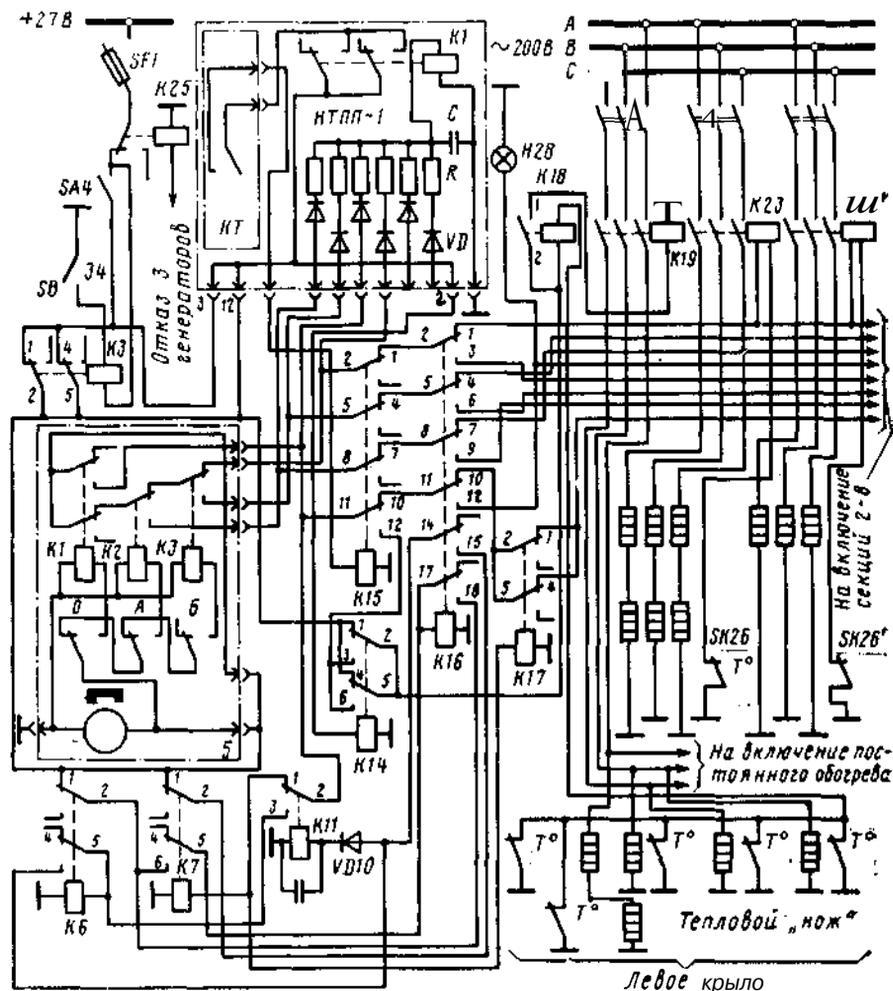


Рис. 13.3. Функциональная электрическая схема обогрева предкрылков на самолете Ту-154Б

реле *K3* и ТКЕ22П1Г (*K14*, *K18*) поступает на обмотку контактора ТКД50ЗДОД (*K19*), который, срабатывая, включает постоянный обогрев прекрылков. Напряжение бортсети через контакты реле *K3* подается на двигатель программного механизма 5, на микровыключатели и через контакты реле *K1—K3*, контакты 2—1 реле ТКЕ24П1Г (*K15*) и ТКЕ26П1Г (*K16*) на обмотки контакторов *K23*, *K23'*, которые запитывают первые секции обогрева предкрылков.

Через 38,5 с переключается микровыключатель *B*, срабатывает реле *K3* и обесточивает первые секции. Напряжение бортсети через контакты реле *K3* и контакты 5—4 реле *K15*, *K16* подается на обмотки контакторов, которые, срабатывая, запитывают вторые секции обогрева предкрылков.

Через 77 с переключается микровыключатель *A*, срабатывает реле *K2* и своими контактами отключает вторые секции. Напряжение бортсети через контакты реле *K2* и контакты 8—7 реле *K15*, *K16* подводится на обмотки контакторов включения третьих секций.

Через 115,5 с переключается микровыключатель *O*, срабатывает реле *K1* и своими контактами обесточивает третьи секции. Напряжение бортсети через контакты реле *K1*, контакты 2—1 реле ТКЕ21ПОДГ (*K11*) поступает на обмотки реле ТКЕ22П1Г (*K7*, *K17*). Реле *K17*, срабатывая, размыкает цепь включения контакторов восьмых секций обогрева предкрылков. Реле *K7*, срабатывая, подает напряжение бортсети через контакты 1—2 реле ТКЕ22П1Г (*K6*), контакты 6—5 реле *K7* на обмотку реле *K16*, которое, срабатывая, через свои контакты 18—17 блокируется. Напряжение бортсети через контакты реле *K1*, контакты 11—10 реле *K15*, контакты 11—12 реле *K16* подводится на обмотки контакторов, которые включают четвертые секции обогрева предкрылков. При этом включается сигнальная лампа *H28*, и сигнал поступает на самописец МСРП-64.

Через 154 с все микровыключатели программного механизма возвращаются в исходное положение. Реле *K7* и *K17* отключаются. Напряжение бортсети подается через контакты 1—2 реле *K7*, контакты 15—14 реле *K16*, диод *VD10* на обмотку реле ТКЕ21ПОДГ (*K11*), и оно срабатывает; реле *K1—K3*, контакты 2—1 реле *K15*, 2—3 реле *K16* на обмотки контакторов включения пятых секций обогрева предкрылков.

Через 192,5 с переключается микровыключатель *B*, срабатывает реле *K3* программного механизма 5 и отключает пятые секции, и напряжение бортсети через контакты реле *K3*, контакты 5—4 реле *K15*, контакты 5—6 реле *K16* следует на обмотки контакторов включения шестых секций.

Через 231 с переключается микровыключатель *A*, срабатывает реле *K2*, отключающее шестые секции, и напряжение бортсети через контакты реле *K2*, контакты 8—7 реле *K15*, контакты 8—9 ре-

ле *K16* подводится на обмотки контакторов, которые включают седьмые секции.

Через 269,5 с переключается микровыключатель *O*, срабатывает реле *K1* программного механизма 5 и отключает седьмые секции. Напряжение бортсети подается через контакты реле *K1*, контакты 2—3 реле *K11* на обмотку реле *K6*, а оно размыкает цепь блокирования реле *K16*; контакты 11—10 реле *K15* и *K16*, контакты 2—1 и 5—4 реле *K17* на обмотки контакторов включения восьмых секций.

Через 308 с процесс работы повторяется. Таким образом, каждая секция греется 38,5 с и остывает 269,5 с.

На самолете Ту-154М установлено четыре секции нагревательных элементов: по две секции в центроплане и по две секции на каждом предкрылке, которые включаются программным механизмом ПМК-21ТВ 2-й серии циклично с временем нагрева ( $38,5 \pm 5$ ) с и охлаждением ( $115,5 \pm 7$ ) с. Каждая секция состоит из трех нагревательных элементов, включенных по схеме «звезда». Нагревательные элементы теплового ножа также включены по схеме «звезда» и расположены по всему размаху предкрылков вдоль их передней кромки. Они не связаны с программным механизмом и работают постоянно.

Работу программного механизма контролируют по периодическому загоранию сигнальной лампы *H28*, работу нагревательных элементов — амперметром (потребляемый ток должен быть 100—130 А).

Для проверки противообледенительной системы предкрылков при подключении тестера и установке выключателя *SA4* в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети подается через:

выключатель *SA4*, выводы 3 и 12 штепсельного разъема тестера на двигатель программного механизма, на микровыключатели и через контакты реле *K1—K3*, контакты 2—1 реле *K15*, *K16*, на обмотки контакторов включения первых секций;

выводы 3 и 2 штепсельного разъема тестера на обмотку реле *K14*, которое отключает постоянный обогрев предкрылков;

контакты реле *K1—K3*, диод *VD*, резистор *R* на заряд конденсатора *C* и на обмотку реле *K1*. После заряда конденсатора *C* сработает реле *K1* и через свои контакты включит электромоторное реле времени ЭМВР-27Б (*KT*) и оно начнет отсчет.

Через 5 с переключается микровыключатель в реле времени ЭМВР-27Б (*KT*), и напряжение бортсети поступает на обмотку реле *K15*, которое отключает обмотки контакторов первых секций, и они обсточиваются. Таким образом, первые секции греются 5 с.

Через 38,5 с аналогично включаются на обогрев вторые секции. Постоянный обогрев включается вместе с четвертыми и восьмыми секциями. После срабатывания реле *K15* и отключения четвертых секций напряжение бортсети через контакты реле *K1*, контакты 11—12 реле *K5*, контакты 3—2 и 6—5 реле *K14*, контакты 2—1 реле *K18* подается на обмотку контактора *K19*, и он включает постоянный обогрев предкрылков на 33,5 с.

На самолете Ту-154Б применена воздушно-тепловая противообледенительная система крыла, киля, стабилизатора, воздухозаборников двигателей и ВНА, которые обогреваются горячим возду-

ХОМ, отбираемым от девятой ступени компрессора трех двигателей. В магистралях обогрева крыла, киля и стабилизатора установлена заслонка с электромеханизмом МПК-13А-5, а в каждой магистрали обогрева воздухозаборников и ВНА — заслонка с электромеханизмом ЭПВ-150МТ. Управляются они вручную.

На самолете Ту-134А использован воздушно-тепловой противобледенитель крыла, киля, воздухозаборников и ВНА. В магистралях обогрева стоят два электромеханизма МПК-5А с заслонками, управляемыми вручную.

Электронагревательная система обогрева стабилизатора. На самолете Ту-134А система (рис. 13.4) защищает передние кромки стабилизатора от обледенения. Нагревательные элементы расположены между внутренней и внешней обшивками стабилизатора и изолированы стеклотканью. В стабилизаторе установлены восемь нагревательных элементов постоянного обогрева и 24 элемента (6 секций) циклического обогрева. Для циклического включения обогрева применен программный механизм МКА-3А (9), который состоит из электродвигателя, редуктора и контактного устройства. Нагревательные элементы включаются шестью контактами ТКС401ДТ (К7). Постоянный обогрев включается контактором

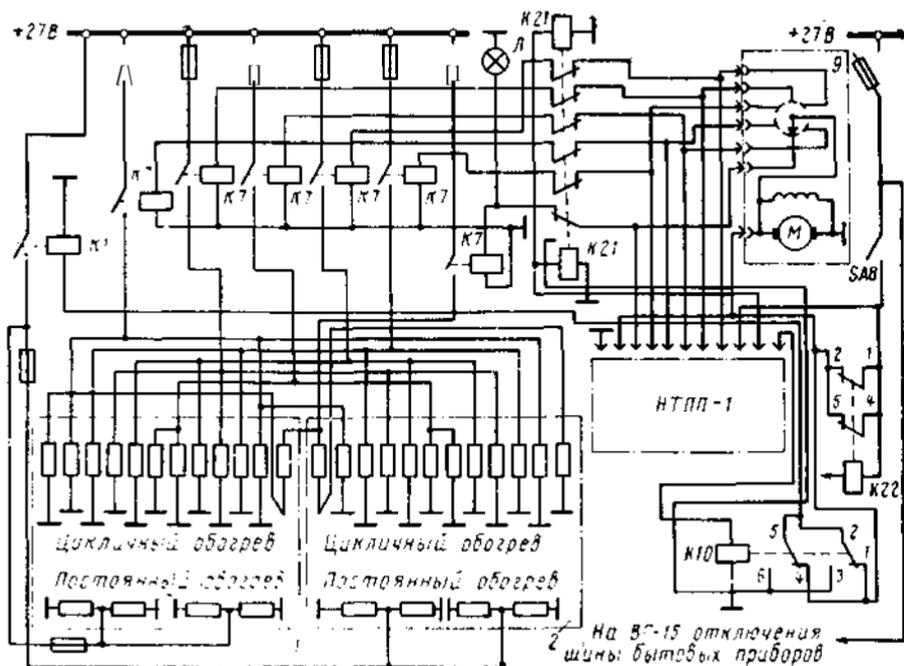


Рис. 13.4. Функциональная электрическая схема обогрева стабилизатора на самолете Ту-134А

ТКС-201ДТ (*K1*). Для наземной проверки предусмотрен штепсельный разъем для подключения тестера НТПП-1.

При переводе выключателя ВГ-15К (*SA8*) в положение ВКЛЮЧЕНО напряжение бортсети подается через:

выключатель *SA8*, контакты 1—2 и 4—5 реле ТКЕ52ПД (*K22*) на контактное устройство и электродвигатель программного механизма 9, и он начинает обрабатывать программу;

выключатель *SA8*, контакты 1—2, 4—5 реле *K22* и контакты реле ТКЕ52ПД (*K10*) на обмотку контактора *K1*, который, срабатывая, включает элементы постоянного обогрева;

контактное устройство программного механизма 9, контакты реле ТКЕ53ПД (*K21*) на обмотку контактора *K7*. Этот контактор включает четыре элемента первой секции циклического обогрева, симметрично расположенные в левой / и правой 2 частях стабилизатора.

Через 20 с переключаются контакты контактного устройства, отключаются контактор *K7* и первая секция. Напряжение бортсети через контактное устройство программного механизма, контакты реле *K21* поступает на обмотку контактора *K7*, и он включает на обогрев четыре нагревательных элемента второй секции. Аналогично включаются остальные четыре секции.

Таким образом, последовательное включение всех шести секций происходит за 120 с (цикл), в течение которых каждая секция нагревательных элементов находится под током 20 с и обесточена 100 с. Работу программного механизма контролируют по загоранию сигнальной лампы, включенной параллельно с контактором шестой секции, включаемой на 20 с за каждый цикл.

Для проверки работы противообледенителя на земле применяют переносный тестер НТПП-1, состоящий из электромоторного реле времени ЭМВР-37Б, реле ТКЕ52ПД и добавочных резисторов.

При проверке противообледенителя стабилизатора на земле тестером НТПП-1 импульсные нагревательные элементы находятся под током 5 с, а элементы постоянного обогрева включаются один раз за цикл на 15 с.

## Вопросы для самоконтроля

1. Обогрев стекол на самолете Ту-154Б. Объяснить конструкцию электрообогреваемого стекла. Почему в электрообогреваемое стекло устанавливают два термодатчика?

Какова роль термистера в электрообогреваемом стекле?

Как изменяется сопротивление термистера при изменении температуры стекла?

На каком принципе работает автомат обогрева АОС-81М?

Автомат обогрева стекол АОС-81М. Объяснить назначение реле РЭС-9Д и почему параллельно его контактам включен конденсатор?

Как будет работать электросхема АОС-81М при уменьшении сопротивления  $R_1$ ?

Как изменится работа электрической схемы АОС-91М при увеличении сопротивления  $Y_p$ ?

Автомат обогрева стекол АОС-81М. Какие изменения происходят в схеме при установке переключателя в положения СЛАБО — СИЛЬНО?

Что произойдет, если при включении обогрева стекол их температура нагрева превысит 30 °С?

Для какой цели предназначен автотрансформатор в системе обогрева стекол?

2. Обогрев предкрылков на самолете Ту-154Б. Как будет работать электросхема, если не включится реле *К18*?

Какую роль выполняет программный механизм ПМК-21 в схеме обогрева предкрылков?

Как осуществляется блокировка включения обогрева предкрылков на земле?

Как будет работать электросхема, если не переключится контакт концевого выключателя *A* программного механизма?

3. Обогрев стабилизатора на самолете Ту-134А. Как будет работать электросхема при выходе из строя реле *К21*?

Как будет работать электросхема при подгаре одного из контактов программного механизма?

## Глава 14

### ЭЛЕКТРОАГРЕГАТЫ СИСТЕМЫ ВЫСОТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### 14.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для создания микроклимата в герметичных кабинах самолета применяют системы обогрева кабин, вентиляции, регулирования давления, увлажнения воздуха, обогрева фонаря кабины экипажа и вентиляции кабин на малых высотах от скоростного напора. Системы регулирования давления и увлажнения воздуха электроагрегатов не имеют.

На самолете Ту-154Б воздух в систему кондиционирования (обогрев и вентиляция) отбирается от девятой ступени компрессора каждого двигателя в количестве 5100 кг/ч. Температура воздуха 240—350 °С с избыточным давлением 0,75—0,9 МПа. При полете с двумя двигателями количество отбираемого воздуха составляет 4600 кг/ч. На стоянке самолета при необходимости работает только основной вторичный узел охлаждения. На земле при неработающих двигателях можно отбирать воздух в систему кондиционирования от ВСУ. На самолете Ту-154Б смонтированы три системы АРТ-56-2 и две АРТ-56-1.

Воздух отбирается от трех двигателей через краны отбора, управляемые электромеханизмами МП-100М, и через обратные клапаны с электромеханизмами МПК-13А-5 далее поступает на первичный узел охлаждения, состоящий из воздухо-воздушного радиатора (ВВР), электромеханизма МПК-13А-5 с заслонкой и импульсного преобразователя 4735Т.

Температура воздуха на выходе первичного узла охлаждения поддерживается в пределах 100—200 °С. Далее воздух через краны наддува, управляемые электромеханизмами МПК-13А-5, пода-

ется в системы обогрева и вентиляции. Воздух для обогрева поступает через краны наддува и систему подмешивания на обогрев первого и второго пассажирских салонов и кабины экипажа. В каждой магистрали обогрева установлен электромеханизм МПК-1 с заслонкой, управляемой вручную или автоматически с помощью системы АРТ-56-2.

Вторичные узлы охлаждения расположены в левой и правой плоскостях. Каждый узел состоит из ВВР и трубохолодильной установки (ТХУ). В обводных магистралях ВВР и ТХУ установлены электромеханизмы МПК-1 с заслонками, управляемыми вручную или автоматически с помощью системы АРТ-56-1.

На самолете Ту-134А установлены три системы АРТ-56-2 и одна АРТ-56-1. Воздух в систему кондиционирования также отбирается от компрессоров двигателей и поступает в системы обогрева и вентиляции. Воздух через краны наддува, которыми управляют электромеханизмы МПК-5А, и систему подмешивания подается на обогрев первого, второго салонов и кабины экипажа. Температуру воздуха в каждой магистрали обогрева регулируют три электромеханизма МПК-1 с заслонками, управляемые вручную или автоматически с помощью систем АРТ-56-2.

В системе вентиляции для охлаждения воздуха установлены ВВР и ТХУ, в обводных магистралях которых расположены заслонки с электромеханизмами МПК-1. Электромеханизмами управляют вручную или автоматически с помощью АРТ-56-1.

На самолетах Ту-154Б и Ту-134А предусмотрена вентиляция кабин на малых высотах (до 3000 м) от скоростного напора. В магистрали вентиляции установлена заслонка с электромеханизмом МПК-1, управляемым вручную со щитка кондиционирования.

Фонарь кабины экипажа обогревается горячим воздухом. В магистрали подача воздуха размещена заслонка с электромеханизмом МПК-1, управляемым вручную.

## **14.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОАГРЕГАТОВ ВЫСОТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Система автоматического регулирования температуры воздуха кабин АРТ-56-2 (рис. 14.1) регулирует температуру воздуха в пределах 18—24°C за счет количества поступающего воздуха по системе обогрева к панелям салонов и в кабину экипажа.

В систему входят блок управления (2427А) 2, датчик температуры (2400) 1, датчик температуры воздуха (2182А) 5.

Блок управления 2 преобразует сигналы, поступающие от датчиков 5, датчика 1, и выдает их на исполнительный электромеханизм (МПК-1) 9. Блок управления имеет следующие элементы: измерительный мост 6, усилитель 7, фазочувствительный каскад 8, выходные реле охлаждения и обогрева 4, блок питания 10. Измери-

тельный мост, плечами которого служат датчики 5 и задатчик /, является чувствительным элементом, с которого сигнал подается на усилитель и далее на фазочувствительный каскад. В зависимости от фазы сигнала срабатывает реле охлаждения или обогрева. Это реле включает электромеханизм на открытие или закрытие заслонки.

Задатчик 1 — переменный резистор. С его помощью устанавливают заданную температуру воздуха. Чувствительным элементом датчика 5 является медный провод, намотанный на текстолитовый каркас. В мост 6 включены два последовательно соединенных датчика и задатчик температуры, с помощью которого регулятор настраивает на заданную температуру обогрева. Мост 6 питается переменным током частотой 400 Гц. При соответствии температуры в кабине заданной мост находится в состоянии равновесия и сигнал в измерительной диагонали отсутствует.

При отклонении температуры от заданной в измерительной диагонали моста появляется сигнал разбаланса, поступающий после усиления на фазочувствительный каскад.

Для стабилизации процесса регулирования температуры воздуха блок управления обеспечивает импульсную подачу сигнала на исполнительный механизм с помощью импульсного каскада 3.

Измерительный мост блока управления 2427А (рис. 14.2) состоит из резисторов  $R1, R2, R3, R29$ , двух датчиков и задатчика. Регулятор настраивают на заданную температуру движком потенциометра задатчика. При температуре воздуха в кабине, соответствующей заданной, мост сбалансирован и сигнал на вход усилителя не поступает. Если температура воздуха в кабине отличается от заданной, на выходе моста появляется сигнал разбаланса. В зависимости от знака отклонения температуры фаза сигнала изменяется на  $180^\circ$ . Сигнал разбаланса через конденсатор  $C/$  идет на управляющую сетку лампы  $VL1$  усилителя. Усилитель имеет

два каскада усиления, собранных на пентодах 6Ж1П-Е ( $VL1, VL2$ ). Анодными нагрузками ламп служат резисторы  $R6, R9$ .

Падение напряжения на резисторах  $R5, R8$ , развязанных конденсаторами  $C3, C7$  по переменной составляющей, создает автоматическое смещение в управляющие сетки ламп  $VL, VL2$ . С нагрузки второго каскада усилителя через конденсатор связи  $C8$  сигнал подается на фазочувствительный каскад и на контакт 7 реле  $K5$ . Фазочувствительный каскад собран на правой полови-

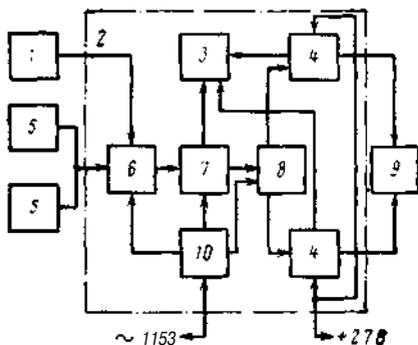


Рис. 14.1. Структурная схема регулятора температуры АРТ-56-2

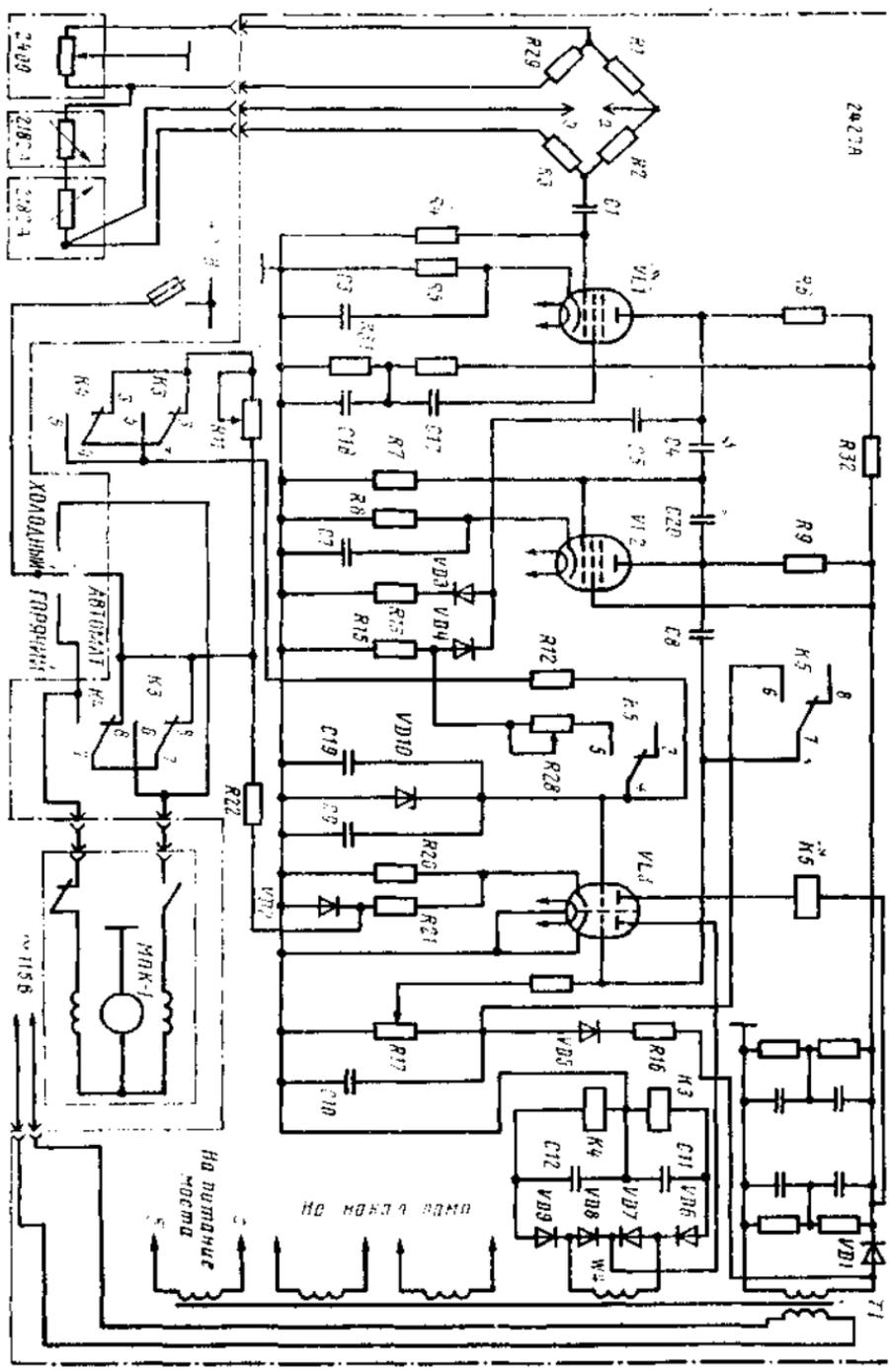


Рис. 14.2. Функциональная электрическая схема регулятора температуры АРТ-5Б-2

не лампы *VL3*. Когда сигнала нет, на сетку лампы *VL3* с потенциометра *R17* поступает отрицательное смещение, достаточное для ее закрывания, и обмотки исполнительных реле *K3*, *K4*, служащие нагрузкой, обесточиваются.

Анодное питание лампы фазочувствительного каскада осуществляется со вторичной обмотки *W4* трансформатора *T1* через диоды *VD7*, *VD8*. При появлении сигнала на сетке лампы фазочувствительного каскада она открывается (если напряжение превышает порог срабатывания) и по обмотке реле РЭС-9 (*K3* или *K4*) начинает протекать ток.

В цепи другого реле тока в это время нет, так как фаза сигнала на сетке не совпадает с фазой питающего напряжения на аноде. Напряжение бортовой сети через контакты реле *K3* или *K4* подается на исполнительный механизм, открывающий или закрывающий заслонку. Подача горячего воздуха увеличивается или уменьшается, что повышает или снижает температуру воздуха в салонах. Одновременно через замкнутые контакты 4—5 сработавшего реле *K3* или *K4*, резисторы *R11*, *R12* подается положительное напряжение на управляющую сетку лампы импульсного каскада, собранного на левой половине лампы *VL3* и на заряд конденсаторов *C9*, *C19*. В случае отсутствия сигнала разбаланса на выходе измерительного моста лампа импульсного каскада закрыта положительным напряжением смещения, подаваемым на катод через делитель (резисторы *R20*—*R22*). При достижении потенциала сетки левой половины лампы *VL3* значения, достаточного для ее открывания, через обмотку реле РЭС-9 (*K5*), являющегося анодной нагрузкой импульсного каскада, начинает протекать ток. Реле *K5* срабатывает и контакты 4—5 и 6—7 замыкаются. Закрывающее напряжение на управляющей сетке фазочувствительного каскада (первая половина лампы *VL3*) увеличивается, лампа закрывается. Обмотка включенного реле обесточивается, подача сигнала на исполнительный механизм прекращается.

Одновременно через замкнутые контакты 4—5 реле *K5*, резисторы *R28*, *R15* разряжаются конденсаторы *C9*, *C19*. При достижении на управляющей сетке импульсного каскада потенциала закрывания лампа закрывается. Обмотка реле *K5* обесточивается, контакты реле возвращаются в исходное положение.

Далее процесс повторяется до тех пор, пока температура в кабине не достигнет заданной. С помощью потенциометра *R11* регулируют время подачи сигнала на исполнительный механизм, а потенциометра *R28* — паузы между сигналами.

Система автоматического регулирования температуры воздуха кабины АРТ-56-1 имеет в своем составе: блок управления (2427) / (рис. 14.3), приемник температуры (П-1) 6 и задатчик температуры (2400) 2. Исполнительными механизмами системы служат два расширители воздуха с электромеханизмами (МПК-1) 5 и 13

Принцип действия автоматического регулятора температуры воздуха в системе вентиляции аналогичен принципу действия автоматического регулятора температуры воздуха в системе обогрева, за исключением того, что его фазочувствительный каскад двухканальный (каналы ТХУ и ВВР").

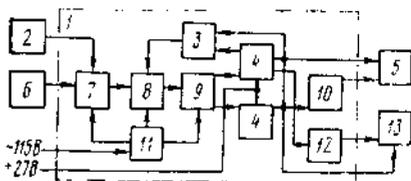


Рис. 14.3. Структурная схема регулятора температуры АРТ-56-1

В зависимости от фазы сигнала, действующего на сетке фазочувствительного каскада, ток лампы фазочувствительного каскада протекает по обмотке одного или другого реле, которые при срабатывании выдают сигнал на включение электромеханизмов МПК-1 управления заслонками каналов ТХУ и ВВР. Электромеханизмы МПК-1, срабатывая, будут открывать или закрывать заслонки, регулируя количество воздуха, проходящего через ВВР и ТХУ. Ресурс работы ТХУ значительно меньше, чем ресурс ВВР, поэтому в схеме блока управления регулятора предусмотрены блокировочные реле, которые обеспечивают работу электромеханизмов МПК-1 в каналах ВВР и ТХУ в определенной последовательности: ТХУ применяется только после полного использования ВВР.

Температура воздуха в системах обогрева и вентиляции контролируется по термометру ТУЭ-48. Регулятор настраивают на заданную температуру ручкой задатчика, устанавливаемой против деления шкалы, соответствующей заданной температуре. Для автоматического регулирования температуры переключатель П2НПГ-15К переводят в положение АВТОМАТ. В случае появления автоколебаний или забросов температуры потенциометрами П (пауза) и Р (работа) регулируют время работы (1...1,5 с) и паузы электромеханизма (в осенне-зимний период) — 12...16 с, а в весенне-летний — 10...12 с). При контроле все электромеханизмы системы кондиционирования, которые управляют заслонками, проверяют на работоспособность (на слух и по времени перестановки заслонки из одного крайнего положения в другое).

Импульсный преобразователь 4735Т (рис. 14.4) предназначен для поддержания температуры воздуха на выходе первичного узла охлаждения в пределах 100—200 °С. В комплект импульсного преобразователя входят электронный блок 4735Т, терморегулятор 4463АТ и электромеханизм МПК-13А-5. Преобразователь питается от бортсети постоянного тока. Электромеханизмом управляют вручную или автоматически. При установке переключателя П2НПГ-15К (SA1) в положение ГОР. или ХОЛ. напряжение бортсети подается на электромеханизм, который закрывает или открывает заслонку.

При установке переключателя SA1 в положение АВТОМАТ и температуре воздуха ниже 100 °С замыкаются контакты терморе-

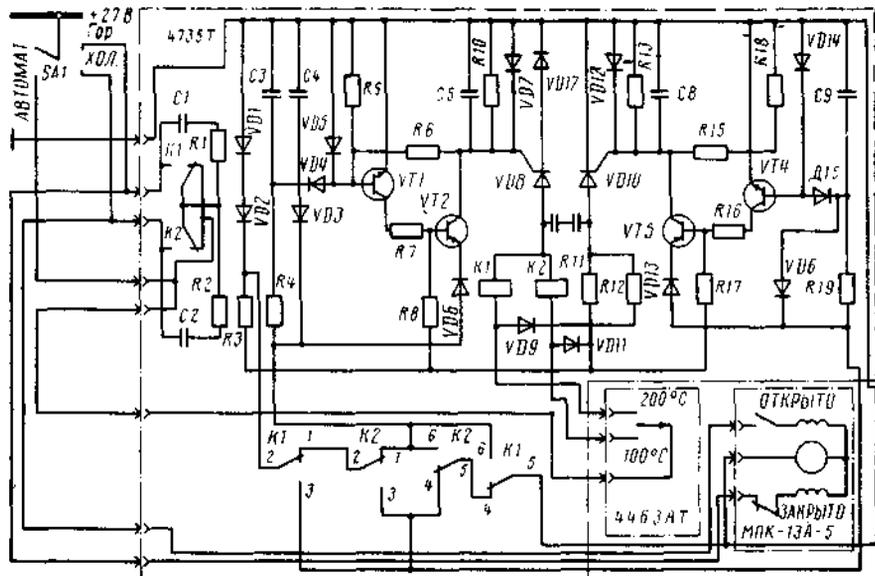


Рис. 14.4. Функциональная электрическая схема импульсного преобразователя 4735Т самолета Ту-154В

гулятора и напряжение бортсети через переключатель, контакты терморегулятора, диод  $VD11$ , резистор  $R3$ , контакты 2—1 реле  $K1$ ,  $K2$ , резистор  $R4$  поступает на заряд конденсатора  $C3$ .

После заряда конденсатора  $C3$  открываются транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$  и положительный импульс с коллектора транзистора  $VT2$  подается на управляющий электрод тиристора  $VS8$ , который открывается, и минус бортсети замыкается на обмотку реле ТКЕ54ПД ( $K2$ ).

Напряжение бортсети поступает через контакты терморегулятора на обмотку реле  $K2$ , и оно срабатывает; контакты реле ТКЕ54ПД ( $K1$ ,  $K2$ ) на электромеханизм (заслонка открывается); диод  $VD11$ , резистор  $R3$ , контакты 2—1 реле  $K1$ , контакты 2—3 реле  $K2$ , резистор  $R19$  на заряд конденсатора  $C9$ . Конденсатор  $C3$  разряжается через резистор  $R4$ , контакты 6—5 реле  $K2$  и контакты 4—5 реле  $K1$ .

После заряда конденсатора  $C9$  транзисторы  $VT4$ ,  $VT3$  открываются, положительный импульс с транзистора  $VT3$  следует на управляющий электрод тиристора  $VS10$ , который открывается и шунтирует обмотку реле  $K2$ . Реле  $K2$  обесточивается и отключает электромеханизм.

При дальнейшем понижении температуры выдается еще один импульс па открытие заслонки. Если температура воздуха превышает  $200^{\circ}\text{C}$ , схема работает, как при температуре ниже  $100^{\circ}\text{C}$ , но

при этом срабатывает реле  $K1$  и включает электромеханизм на закрытие заслонки. Переменным резистором  $R4$  регулируют паузу между включением электромеханизма, а резистором  $R19$  — длительность работы электромеханизма.

### Вопросы для самоконтроля

1. Система автоматического регулирования температуры воздуха кабин АРТ-56-2. Как будет работать схема, если произойдет обрыв обмотки реле  $K3$ ? Как будет работать схема, если произойдет обрыв обмотки реле  $K4$ ? Как будет работать схема, если увеличить сопротивление резистора  $R11$ ? Как будет работать схема, если уменьшить сопротивление резистора  $R11$ ?

2. Импульсный преобразователь 4735Т. Как будет работать схема, если произойдет обрыв обмотки реле  $K1$ ? Как будет работать схема, если произойдет обрыв обмотки реле  $K2$ ?

## Глава 15

### СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

#### 15.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На ВС предусмотрены конструктивные мероприятия по предотвращению возникновения и распространения пожара и обеспечена возможность тушения пожара в случае его возникновения. Во избежание скапливания горючих жидкостей в гондолах двигателей при подтекании масляной и гидравлической систем в нижней обшивке гондол сделаны отверстия для слива в атмосферу. В зоне установки двигателей применена термостойкая изоляция электрожгутов, произведена металлизация всех частей самолета. Установлены антистатика и зарядосъемники для предохранения от скапливания электричества и его разрядки. В бытовом оборудовании и в отделке пассажирских салонов применены невоспламеняющиеся материалы. Для уменьшения возможности распространения пожара отсеки двигателей отделены противопожарными перегородками от фюзеляжа, а для прекращения подачи топлива в загоревший двигатель установлены перекрывающие (пожарные) краны в топливных магистралях.

Пожар обнаруживается на самолете электрическими тепловыми системами, датчики которых размещены в гондолах двигателей, в двигателях, в отсеках вспомогательной силовой установки и топливных баках. Кроме того, на самолетах предусмотрена система обнаружения дыма, датчики которой стоят в багажных помещениях. Обнаружение пожара и автоматическое включение огнетушителей в гондолах двигателей, отсеке ВСУ и внутри двигателей осуществляются автоматически. При посадке с убранными шасси автоматически включаются огнетушители в отсеках силовых установок. Для тушения пожара в пассажирских салонах

применяются переносные огнетушители, заряженные углекислотой. Самолет имеет систему с нейтральным газом, которую при посадке с невыпущенными шасси включают вручную. Она обеспечивает заполнение надтопливного пространства баков углекислым газом. На самолете Ту-154Б установлены две системы пожаротушения: в гондолах двигателя и ВСУ — система ССП-2, внутри двигателей — система ССП-12. Кроме того, установлены переносные огнетушители ОУ, ОР1-2 и ОР2-6.

## 1S.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА САМОЛЕТЕ ТУ-154Б

Система тушения пожара в отсеках двигателей и ВСУ. На самолете Ту-154Б система работает автоматически и вручную. В нее входят следующие агрегаты (рис. 15.1):

а) система сигнализации о пожаре ССП-2А, которая предназначена для выдачи светового (звукового) сигнала экипажу о возникновении пожара. В комплект системы входят:

датчики пожарной сигнализации ДПС-1АГ (63 шт.) по 18 в каждой мотогондоле двигателя и девять в отсеке ВСУ. У датчиков чувствительным элементом является дифференциальная термобатарея, состоящая из восьми хромель-копелевых термопар, которые для защиты от механических повреждений закрыты колпачком с прорезями. Рабочими спаями термопар служат расклепанные в виде тонких дисков толщиной 0,16 мм концы электродов, а нерабочими — утопленные места сварки электродов;

розетки ССП-2И-РМ (63 шт.), которые предназначены для крепления в них датчиков;

исполнительный блок БИ-2АЮ (4 шт.), который предназначен для включения соответствующей сигнальной лампы и реле системы пожаротушения отсека (из него получен сигнал о пожаре) для обеспечения проверки исправности и готовности к действию системы сигнализации. В блоке установлены шесть поляризованных низкоомных реле РПС-5 (К1), к ним подключают группу датчиков ДПС-1АГ (по три датчика на каждое реле) и резисторы для настройки блока на необходимую температуру срабатывания системы ССП-А. Поляризованное реле РПС-5 срабатывает в нормальных климатических условиях при подаче на них напряжения 28—45 мВ.

б) два блока электромагнитных распределительных кранов 781100 (УЗ1), которые служат для направления огнегасящего состава к очагу пожара и включения реле управления огнетушителем.

### Основные технические данные блока 781100

Рабочее давление, МПа . . . . .	6
Время открытия крана, с . . . . .	1



Номинальное напряжение срабатывания крана, В . . . . .	27
при включении . . . . .	8
при удержании в положении ОТКРЫТО . . . . .	0,4

Один из блоков направляет огнегасящий состав в гондолу третьего двигателя и в отсек ВСУ, а другой — гондолы первого и второго двигателей. Блок кранов имеет два электромагнита, на каждом из них установлен микровыключатель. При открывании крана один микровыключатель переключает обмотку включения на блокировку, а второй микровыключатель подает сигнал на реле включения пиропатронов огнетушителей;

в) ударный механизм (SB20), который предназначен для автоматического включения системы пожаротушения при посадке самолета с убранными шасси. При такой посадке происходит нажатие через рычаг на шток концевого выключателя, который, срабатывая, подает сигнал на включение системы пожаротушения;

г) огнетушители УБЦ-8-1 (9 шт.), в которых содержится огнегасящий состав.

#### Основные технические данные огнетушителя УБЦ-8-1

Вместимость огнетушителя, л . . . . .	8
Масса, кг:	
фреона 114В <sub>2</sub> . . . . .	11,66
пустого огнетушителя . . . . .	6,385
Время выброса состава, с . . . . .	2
Максимальное рабочее давление, МПа . . . . .	15±1,5
Давление, при котором разрывается предохранительная мембрана, МПа . . . . .	20±2
Напряжение в цепи пиропатронов, В . . . . .	27
Диапазон рабочих температур, °С . . . . .	от -60 - до +80

У огнетушителя УБЦ-8-1 одна пироголовка, она служит основным элементом, с помощью которой огнегасящий состав выбрасывается в магистраль системы пожаротушения. В верхней части баллона смонтирован манометр для контроля давления;

д) распределительная коробка системы пожаротушения (в ней установлены электромагнитные реле);

е) панель системы пожаротушения, которая расположена на пульте бортинженера с аппаратурой управления и сигнализации;

ж) табло 5 ПОЖАР, которое расположено на средней приборной доске пилотов.

**Принцип работы системы ССП-2А.** Датчики ДПС-1АГ (ДПС) размещают в наиболее пожароопасных местах (рис. 15.2). При возрастании температуры среды, окружающей датчики, со скоростью не менее 2 °С/с и одновременном нагреве датчиков одной из групп до +150 °С в термобатареях датчиков возникает термоэлектродвижущая сила, достаточная для срабатывания поляризованного реле блока БИ-2АУ (БИ). Это реле срабатывает и замы-

кает цепь реле противопожарной системы самолета, которое включает световую (табло 5) и звуковую (сирену С-1) сигнализацию о возникновении пожара в соответствующем отсеке двигателя или ВСУ.

Если система пожаротушения включена на автоматический режим, то одновременно с сигнализацией о пожаре включаются средства пожаротушения; распределительный электромагнитный кран (ЭМК), пиропатроны (ПП-3) и огнетушители (УБЦ). После ликвидации пожара при резком снижении температуры среды, окружающей датчики, до  $+130^{\circ}\text{C}$  сигнал о пожаре прекращается и система ССП-2А автоматически за время 2 с возвращается в состояние готовности к повторному действию.

Автоматическое включение системы пожаротушения происходит следующим образом. Для подготовки системы пожаротушения к работе включают все автоматы защиты сети. На верхнем электропитке бортинженера главный выключатель ЗВГ-15К (SA8) противопожарной системы ставят в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом питание подается на обмотку контактора ТКД2010ДГ (К6), и он готовит систему к работе.

При возникновении пожара в отсеке первого двигателя термодатчики 36-1—36-3 вырабатывают термоэлектродвижущую силу, которая подается на реле К1 в блоке 39. При срабатывании этого реле напряжение бортсети подключается на обмотку реле ТКЕ52ПОДГ (К49). При этом напряжение бортсети подается: через контакты 2—3 реле К49 на табло ТС-2 (5) сигнализации пожара на средней приборной доске пилотов и табло ТС-2 (7) на шитке противопожарной системы у бортинженера; через контакты 5—6 реле К49 на обмотку реле К18, через контакты 1—2 реле ТКЕ54ПОДГ (К17) на лампу-кнопку КП-5 (Н16) с красным светофильтром сигнализации о пожаре в отсеке первого двигателя и через диод VD44 на самописец МСПР. Реле К18, срабатывая, через контакты 6—5 блокируется и блокирует цепь питания лампы-кнопки Н16. Через контакты 2—3 реле К18 напряжение бортсети подается через вывод / блока крана 31 на обмотку электромагнита. После его открытия обмотка самоблокируется через вывод 4 и контакты микровыключателя крана, который замкнул контакты при открытии крана. При срабатывании второго микровыключателя крана напряжение бортсети через контакты 2—3 реле К18, вывод 1 крана, контакты микровыключателя, вывод 2 подается на обмотку реле ТКЕ54ПОДГ (К27). Это реле, срабатывая, подает напряжение бортсети через автомат защиты АЗСГК-10 (SF1-2), контакты 5—6, 8—9, 11—12 реле К27 на пиропатроны ET35 трех бал-

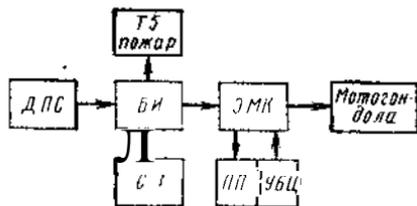


Рис. 15.2. Схема системы пожаротушения

лонов первой очереди, которые разряжаются через электромагнитный распределительный кран *У31* в отсек первого двигателя. После срабатывания пиропатронов обесточатся реле РЭС-48Б (*К24-1*), и через их контакты напряжение бортсети подается на желтую лампу *Н11-1* сигнализации срабатывания пиропатронов баллонов I очереди. Одновременно при открытии распределительного крана *У31* питание подается к контактам кнопок 2КНР (*SB26*, *SB25*) ручного включения пиропатронов баллонов II и III очередей.

Если через 10 с после включения I очереди огнетушителей табло ПОЖАР продолжают гореть (пожар не ликвидирован), нажимают кнопку *SB26* включения II очереди огнетушителей. При этом напряжение бортсети подключается на обмотку реле ТКЕ54ПОДГ (*К48*). Реле *К48*, срабатывая, подает напряжение бортсети через автомат *SF1-2*, свои контакты 2—3, 5—6, 8—9 на пиропатроны баллонов II очереди, которые разряжаются через кран *У31* в отсек первого двигателя. После срабатывания пиропатронов реле *К24-11* отключаются и включают лампу *Н11-11* сигнализации срабатывания пиропатронов баллонов II очереди.

Если через 10 с после нажатия на кнопку *SB26* табло ПОЖАР не погасло, нажимают кнопку *SB25* включения III очереди. При этом реле ТКЕ54ПОДГ (*К47*) работает и обеспечивает включение пиропатронов баллонов III очереди. После срабатывания пиропатронов реле *К24-111* отключается и включает лампу *Н11-111*, которая сигнализирует о срабатывании пиропатронов III очереди.

Если пожар ликвидирован после включения I очереди или I и II очередей, систему приводят в исходное положение на случай повторного применения — выключатель *SA8* ставят в положение ВЫКЛЮЧЕНО. При этом обесточится контактор *К6*, отключив лампу-кнопку *Н16* и кран *У31*. Затем выключатель *SA8* переводят в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом работает контактор *К6*, который подготовит систему к повторной работе. Выключатель *SA8* устанавливают в положение ВЫКЛЮЧЕНО не ранее чем через 20 с после включения той очереди, которая погасила пожар, чтобы давление в системе сравнялось с атмосферным.

При повторном возникновении пожара, если I очередь огнетушителей израсходована, автоматического включения огнетушителей не произойдет, и при загорании табло ПОЖАР вручную включают огнетушители неизрасходованных очередей.

Вручную включают систему пожаротушения следующим образом. Если пожар обнаружен визуально и по какой-либо причине не произошло автоматического включения пиропатронов I очереди баллонов, нажимают на лампу-кнопку *Н16* отсека двигателя, в котором возник пожар. При этом напряжение бортсети через контакты лампы-кнопки *Н16*, контакты 2—1 реле Л/7 подается на обмотку реле *К18*, которое срабатывает. Одновременно за-

горается лампа-кнопка *Н16*. Дальнейшая работа схемы пожаротушения аналогична работе при автоматическом управлении, только ликвидацию пожара контролируют визуально или по докладу с земли.

Для предотвращения возникновения пожара в отсеках двигателей при посадке самолета с убранными шасси система пожаротушения включается автоматически от ударного механизма. При такой посадке срабатывает концевой выключатель *АМ800 (SB20)* и замыкает свои контакты. Напряжение бортсети подается на обмотку реле *ТКЕ56ПОДГ (К14)*, которое, срабатывая, через контакты *17—18* блокируется, а через контакты *14—15* напряжение бортсети подается на вывод / крана *У31*, который открывается. Обмотки кранов блокируются через контакты своих микровыключателей, а через вывод *2*, контакты *6—5* реле *К14* напряжение бортсети поступает на обмотки реле *ТКЕ56ПОДГ (К10)* и *ТКЕ54ПОДГ (К46)*. Через контакты реле *К10* напряжение бортсети подается на пиропатроны баллонов I и II очередей. Одновременно через контакты реле *К46* напряжение бортсети поступает на пиропатроны баллонов III очереди. Таким образом все девять баллонов разряжаются в отсеки всех двигателей. При срабатывании пиропатронов отключаются реле *К24* и включают лампы сигнализации срабатывания пиропатронов всех очередей.

Система тушения пожара внутри двигателей. Она предназначена для автоматического и ручного тушения пожара. Она включает в себя два огнетушителя типа *УБШ-2-1*, блок распределительных электромагнитных кранов *781200 (У9)* и систему сигнализации *ССП-12*.

Огнетушитель *УБШ-2-1* отличается от огнетушителей *УБЦ-8-1* вместимостью и конструкцией. Его вместимость 2 л, и он имеет форму шара диаметром 169 мм. Огнетушители разделены на две очереди.

Блок электромагнитных распределительных кранов *781200* предназначен для направления огнегасящего состава к очагу пожара, возникшего внутри одного из трех двигателей. Кран имеет общий входной и три выходных штуцера. Принцип работы крана *781200* аналогичен принципу работы крана *781100*.

Система сигнализации о пожаре *ССП-12* служит для подачи светового сигнала экипажу о возникновении пожара на самолете и автоматического включения средств пожаротушения. В комплект системы входят девять термодатчиков *ДП-6 (33)* и два исполнительных блока *ССП-12-БР (30)*.

#### Основные технические данные системы *ССП-12*

Температура срабатывания системы по всем каналам. °С	200—350
Запаздывание выдачи сигнала о пожаре по всем каналам от момента мгновенного воздействия пламени на рабочие сплав датчика, с	1

Напряжение:

питания, В

27

срабатывания блока реле по всем контактам, мВ

10—24

Датчик ДП-6 предназначен для создания термоэлектродвижущей силы при возрастании температуры среды, окружающей его, выше установленного предела. Чувствительным элементом датчика служит термобатарея с рабочими и нерабочими спаями, собранная из семи последовательно соединенных термопар.

Исполнительный блок ССП-12БР имеет то же назначение, что и блок БИ-2АУ, и работает аналогично ему.

Для подготовки системы пожаротушения внутри двигателей устанавливают главный выключатель SA8 в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом напряжение бортсети подается на вывод / исполнительного блока ССП-12БР (30). При возникновении пожара внутри двигателя термодатчики ДП-6 (33) вырабатывают термоэлектродвижущую силу, которая подается на чувствительное реле РПС-5 в блоке 30. Реле РПС-5, срабатывая, включает реле К2, которое через свои контакты, вывод 3 блока 30, диод YD15 подает напряжение бортсети на табло ПОЖАР (5, 7). Напряжение бортсети с вывода 3 блока 30 поступает на обмотку реле ТДК1010ДГ (К29), которое, срабатывая, подает питание на электромагнитный распределительный кран Y9 тушения пожара внутри двигателя и через контакты 7—8 реле ТКЕ54ПОДГ (К21) на лампу-кнопку H13-1. Кран Y9 после открытия самоблокируется через контакты выключателя SA8, вывод / крана и контакты своего микровыключателя. По этой же цепи блокируется цепь питания красной лампы кнопки H13-1 сигнализации пожара внутри первого двигателя. После открытия крана Y9 срабатывает микровыключатель, и напряжение бортсети через контакты второго микровыключателя крана и вывод 2 подается на обмотку реле ТКЕ52ПОДГ (К23). Это реле, срабатывая, контактами 2—3 подает напряжение бортсети на пиропатроны огнетушителя I очереди, а контактами 5—6 — на кнопку КНР (SB28) включения огнетушителя II очереди.

После срабатывания пиропатронов огнетушителя I очереди реле РЭС-48Б (К22-1) отключается и через свои контакты включает желтую лампу H12-1 сигнализации срабатывания пиропатронов баллона I очереди. Огнегасящий состав через открытый кран Y9 подается в масляные полости передней, средней и задней опор двигателя, где создает среду, прекращающую горение.

Если через 10 с после включения баллона I очереди табло ПОЖАР не погасло, нажимают кнопку SB28 включения огнетушителя II очереди. При нажатии на кнопку SB28 напряжение бортсети подается на пиропатроны ET34 огнетушителя II очереди. После срабатывания пиропатронов реле К22-11 отключается и своими контактами 1—2 подает напряжение бортсети на желтую лампу H12-11.

Если пожар ликвидирован огнетушителем I очереди, систему приводят в исходное положение. Для этого ставят выключатель SA8 в положение ВЫКЛЮЧЕНО, а затем — в положение ВКЛЮЧЕНО. Это делают не ранее чем через 20 с с момента включения I очереди для полного стравливания давления из системы. Если повторно возник пожар в двигателе при израсходованной I очереди, при загорании красной лампы-кнопки H13 нажимают на кнопку SB28 включения пиропатронов огнетушителя II очереди.

Вручную включают систему пожаротушения следующим образом. Если по какой-либо причине система автоматического включения пожаротушения не сработала, а пожар обнаружен визуально или по приборам контроля работы двигателя, нажимают на лампу-кнопку H13 того двигателя, внутри которого обнаружен пожар. При этом напряжение бортсети через контакты лампы-кнопки H13 подается на включение самой лампы-кнопки H13 и через контакты 8—7 реле K21 — на открытие крана Y9 того двигателя, внутри которого возник пожар. Дальнейшая работа схемы аналогична работе при автоматическом управлении.

Проверку системы ССП-2А (12) выполняют в следующей последовательности. Ставят автоматы защиты и выключатель SA8 в положение ВКЛЮЧЕНО. Нажимают на кнопку контроля ламп КНР (SB19), при этом напряжение бортсети поступает на обмотки реле K17, K21. При срабатывании реле K17 напряжение бортсети поступает на все лампы-кнопки H16 сигнализации пожара в отсеках всех двигателей и ВСУ. Реле K21, срабатывая, своими контактами 12—11 включает сигнальные табло H7, H5, а контактами 9—8, 6—5, 3—2 — красные лампы-кнопки H13 всех двигателей. Минус бортсети на обмотку реле K22-1, -11 замыкается через пиропатроны ET34. Реле K22-1, -11 срабатывают и напряжение бортсети через кнопку SB19, контакты 3—2 реле K22-1, -11 поступает на желтые сигнальные лампы I и II очереди тушения пожара внутри двигателей. Напряжение бортсети через кнопку SB19, диоды VD45, контакты 3—2 реле K24-1, -II, -III поступает на лампы H11-1, -11, -111 сигнализации I, II, III очередей тушения пожара в отсеках двигателей и ВСУ. Таким образом, при нажатии на кнопку SB19 должны загореться все лампы H11-1, II, III и H12-1, -II, лампы-кнопки H13-1, -11 и H16, световые табло 5, 7. Если после нажатия кнопки SB19 какая-либо лампа или табло не загорелись, это свидетельствует о неисправности лампы или пиропатрона. При отпускании кнопки SB19 лампы гаснут.

При проверке исправности цепей термодатчиков и исполнительных блоков автоматы SFT-2 ставят в положение ВЫКЛЮЧЕНО, иначе при последующих операциях проверки огнетушители разрядятся. При отключении автоматов SFT-1, -2 отключаются реле K22-1, -II, K24-1, -II, -III и своими контактами I—II включают лампы H12-1, -II и H11-1, -II, -111 сигнализации исправности пиропатронов.

Переводят пакетный переключатель 8П1Н-К (SA41) проверки исправительных блоков в положение МГ I ДВ (мотогондла первого двигателя), при этом реле ТКЕ56ПД (K40) срабатывает и подготавливает цепь к проверке.

Ставят пакетный переключатель 7П1Н-К (SA42) проверки групп датчиков в положение I ГР (первая группа датчиков). При этом напряжение бортсети через выключатель SA8, контакты 2—1 реле ТКЕ21ПОДГ (K43), контакты переключателя SA42 и контакты 3—2 реле ТКЕ56ПД (K40) подается в блок БИ-2АУ и далее на реле K1 через цепь термодатчиков 36-1, -2, -3. Если реле K1 и цепь термодатчиков исправны, замыкаются контакты этого реле и напря-

жение бортсети подается на обмотку реле *K49*, при срабатывании которого питание подводится на сигнальные табло 7, 5. Одновременно загорается лампа-кнопка *H16* отсека первого двигателя и включается кран *У31*.

Переставляют пакетный переключатель *SA42* поочередно в положение всех шести групп датчиков. В момент переключения с одной группы датчиков на другую табло 7, 5 гаснут, а в любом фиксированном положении горят непрерывно. Затем переключатель *42* ставят в положение ВЫКЛЮЧЕНО. При этом должны погаснуть табло 7, 5. Погасание лампы-кнопки *H16* свидетельствует о неисправности системы.

Устанавливают выключатель *SA8* в положение ВЫКЛЮЧЕНО. При этом должны погаснуть лампа-кнопка *H16* отсека первого двигателя и закрыться кран *У31*. При установке выключателя *SA8* в положение ВКЛЮЧЕНО лампа-кнопка не должна гореть.

Аналогично проверяются группы датчиков остальных двигателей.

При проверке групп датчиков ВСУ и системы ОСП-12 переключатель *SA42* переводят поочередно в первые три положения. После проверки автоматы защиты *SF1-1, -2* переводят в положение ВКЛЮЧЕНО.

Для проверки работоспособности ударного механизма включения системы пожаротушения:

ставят автомат защиты *SF1-2* цепей питания огнетушителей в положение ВЫКЛЮЧЕНО, а выключатель *SA8* — в положение ВКЛЮЧЕНО;

снимают защитный обтекатель механизма и сам механизм (электропроводку не отсоединяют);

нажимают на рычаг механизма, при этом должны сработать электромагнитные краны и загореться сигнальные лампы-кнопки отсеков трех двигателей: отпускают рычаг механизма, при этом лампы-кнопки должны гореть;

переводят выключатель *SA8* в положение ВЫКЛЮЧЕНО, а затем снова в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом лампы-кнопки не должны гореть.

Устанавливают на место механизм, защитный обтекатель и обесточивают систему пожаротушения.

На самолетах Ту-154Б-2, -154М система ССП-12 выдает команду на включение желтой сигнальной лампы ПЕРЕГРЕВ ДВИГАТЕЛЯ.

### 15.3. СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДЫМА НА САМОЛЕТЕ ТУ-154Б

Система обнаружения дыма сигнализирует о наличии дыма в переднем и среднем багажных помещениях. В систему входят семь датчиков дымоизвещателей ДС-3М (по одному на помещение), две красные лампы-кнопки КП-5 сигнализации дыма в багажных помещениях, семь кнопок КНР контроля исправности системы и выключатель ЗВГ-15К (*SA8*) (он же является выключателем противопожарных систем самолета). Система питается постоянным током через автомат защиты АЗСГК-5. Действие дымоизвещателя основано на регистрации фоторезистором света, рассеиваемого частицами дыма (рис. 15.3, а). В исходном состоянии (при отсутствии дыма) при включении выключателя *SA8* загорается осветительная лампа *H1*, расположенная на одной оси с фоторезистором *R* в дымоизвещателе. Наличие экрана защищает фоторезистор от прямого попадания лучей лампы, а отраженные от пластинчатой поверхности корпуса лучи слабы, поэтому возникающего в цепи фоторезистора тока недостаточно для срабатывания дымоизвещателя.

В случае попадания дыма сквозь пластинчатую поверхность корпуса в пространство между экраном и фоторезистором лампы, отражаясь от частиц дыма, засвечивают фоторезистор, уменьшая его сопротивление, и ток в цепи фоторезистора возрастает. Сигнал с фоторезистора поступает на вход усилителя постоянного тока, который выполнен на транзисторах 2Т316Д, 2Т203Б и 2Т602Б с непосредственной связью между каскадами. Нагрузкой транзистора 2Т602Б служит обмотка электромагнитного реле РЭС-34 (*K1*) (рис. 15.3, б). При появлении дыма увеличивается ток фоторезистора и усиленный сигнал поступает на обмотку реле *K1*, которое, срабатывая, подает напряжение бортсети через свои контакты на лампу-кнопку *H4* и табло ПОЖАР.

Лампа-кнопка *H4* и табло ПОЖАР горят до тех пор, пока не снизится концентрация дыма до уровня, соответствующего безопасным условиям.

При срабатывании системы обнаружения дыма в багажных помещениях или визуальном обнаружении очага пожара включают освещение багажных помещений, открывают крышку люка, устраняют причины дымообразования и, если необходимо, применяют переносные огнетушители.

Систему проверяют с помощью кнопок контроля КНР ДЫМ В БАГАЖНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ. При нажатии на кнопку срабатывает реле РЭС-34 (*K2*) и последовательно лампе *H1* включается контрольная лампа *H2*. Освещенность резистора, создаваемая при этом лампой *H2*, достаточна, чтобы вызвать срабатывание дымоизвещателя. Одновременно проверяется целостность нитей накаливания обеих ламп.

На самолете Ту-134А в заднем багажнике между шпангоутами 48—55 (справа) установлено три сигнализатора дыма ДС-3М-2. Кнопка контроля 5К исправности системы дымоизвещения уста-

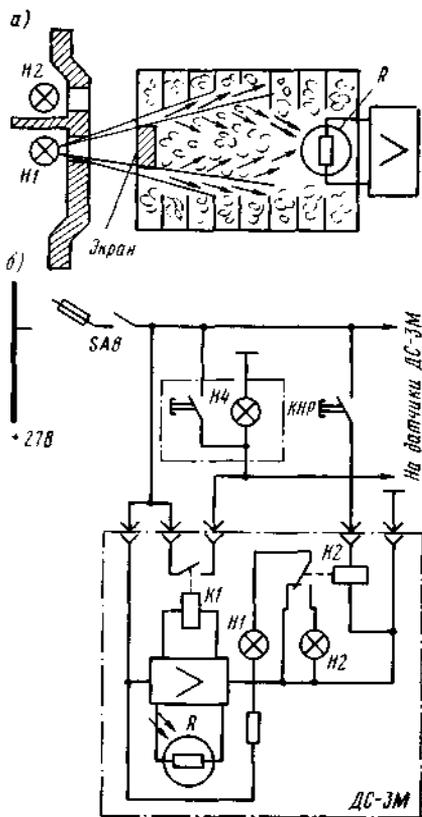


Рис. 15.3. Схема дымоизвещателя ДС-3М (а) и функциональная электрическая схема сигнализации обнаружения дыма на самолете Ту-154Б (б)

новлена на щитке контроля и запуска ВСУ. Лампа-кнопка сигнализации дыма в заднем багажнике установлена на средней приборной доске пилотов.

#### 15.4. СИСТЕМА НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗА

Эта система служит для подачи углекислого газа в топливные баки 1 и 4 при посадке самолета с убранными шасси (рис. 15.4). Перед вынужденной посадкой самолета с невыпущенными шасси устанавливают выключатель 2ВГ-15К в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом напряжение бортсети подается на пиропатроны ПП-3 трех огнетушителей ОСУ-5. Огнетушители открываются, и углекислый газ поступает в топливные баки. После срабатывания пиропатронов реле РЭС-48Б (К1) отключается и через свои контакты подает напряжение бортсети на желтую сигнальную лампу Н и на реле ТКД1010ДГ (К2). Это реле, срабатывая, подает питание бортсети на реле давления ИКДРФ-0,16-0,144-0 (КР3) и ИКДРФ-0,25-0,2-0 (КР4) (принцип работы реле давления описан в системе сигнализации шасси). По команде от реле давления КР3 и КР4 срабатывают реле ТКД1010ДГ (К5) и ТКЕ52ПОДГ (К6). Реле К5 включает электромагнитный кран 702000-Т (У1), который открывает доступ углекислоты от огнетушителей ОСУ-5 в топливные баки 1 и 4. Реле К6, срабатывая, отключает электромагнитный кран 702000-Т (У2). За значением давления углекислого газа в топливном баке следят реле давления КР3, КР4. Они выдают команду на закрытие **перекрывающего** электромагнитного крана У1, в момент когда давление в баке достигает 0,014 МПа. После закрытия крана углекислый газ будет поступать и топливные баки в меньшем количестве. Но если давление в баке все же будет повышаться и достигнет 0,02 МПа, реле КР4 выдаст команду

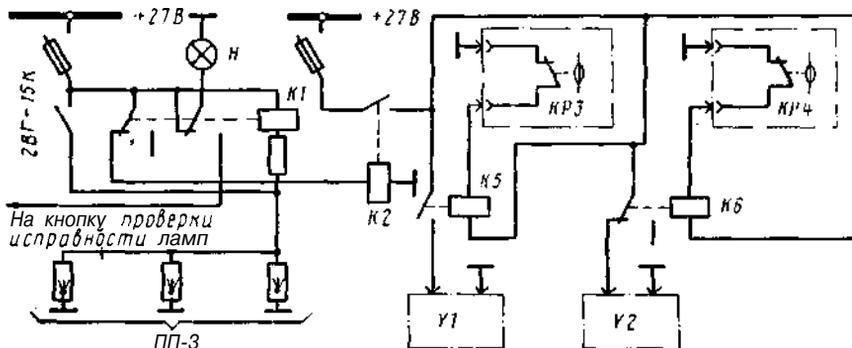


Рис. 15.4. Функциональная электрическая схема управления нейтральным газом

на открытие крана У2 и часть углекислого газа стравится в атмосферу. При понижении давления в топливном баке реле давления КР3, КР4 введут в действие электромагнитные краны в обратной последовательности.

### **1S.5. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА САМОЛЕТЕ ТУ-134А**

По принципу работы система пожаротушения этого самолета аналогична системе пожаротушения самолета Ту-154Б, за исключением типа огнетушителей и размещения датчиков и агрегатов.

На самолете Ту-134А стоят система пожаротушения ССП-2А в гондолах двигателя и отсеке ВСУ и система 2С7К внутри двигателя. Есть и два огнетушителя ОУ. Состав системы тушения пожара в отсеках двигателя и ВСУ:

шесть огнетушителей ОС-8МФ. Разряжаются они в три очереди, по два в каждой очереди. Огнетушители первой очереди включаются автоматически, а второй и третьей — вручную;

два блока электромагнитных распределительных кранов 781200 (основной и аварийный), обеспечивающих подачу огнегасящего состава к очагу пожара. Аварийный блок кранов включен в систему параллельно основному блоку кранов и в случае посадки самолета с убранными шасси обеспечивает подачу огнегасящего состава одновременно в обе гондолы и отсек центропланых баков:

пять ударных механизмов аварийного включения системы при аварийной посадке самолета с убранными (поломанными) шасси; система сигнализации о пожаре ССП-2А. Она состоит из 27 датчиков ДПС-1АГ и двух блоков БИ-2АЮ.

При возникновении пожара в отсеке ВСУ автоматически закрывается створка воздухозаборного устройства ВСУ и отключается двигатель ТА-8. Для обеспечения подачи огнегасящего состава в гондолу от аэродромных средств пожаротушения в нижней откидной ее крышке имеется лючок **ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА НАЖМИ**.

Система тушения пожара внутри двигателя включает в себя: два огнетушителя ОС-2ИЛ разряжающиеся в две очереди (первая — автоматически, вторая — вручную), блок электромагнитных распределительных кранов 781100, систему сигнализации пожара 2СГК, которая состоит из четырех термодатчиков ДП-11 и блок-реле 2С7К-БР.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Зачем предназначена система ССП-2А?
2. Зачем предназначена система ССП-12?
3. Сколько баллонов в системе ССП-2А?

4. Сколько баллонов в системе ССП-12?

5. Система пожаротушения самолета Ту-154Б. Что произойдет, если при пожаре не включится реле К29? При каких условиях включается поляризованное реле в исполнительном блоке БИ-2АУ? Что произойдет, если при пожаре не включится реле Л23?

6. Система сигнализации и тушения пожара ССП-2А. Почему после включения электромагнитного крана блока 781100 происходит его самоблокирование? Как будет работать электросхема при обрыве электромагнита блока 781100? Объяснить работу электросхемы при ручном управлении системой пожаротушения. При каких условиях срабатывают поляризованные реле исполнительных блоков БИ-2АЮ? Объяснить последовательность работы электросхемы при срабатывании концевого выключателя SB20. Объяснить назначение реле К10 и когда оно включается.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЙ РЕЛЕ, КОНТАКТОРОВ И ШТЕПСЕЛЬНЫХ РАЗЪЕМОВ

**Расшифровка реле и контакторов. Буквы и цифры обозначают:**

первая буква — номинальное напряжение цепи обмотки (Д — 10 В, П — 15 В, Т — 30 В постоянного тока, С — 115 В переменного тока);

вторая буква — назначение (Т — токовое реле, Д — детекторное реле, К — коммутационное реле или контактор, Н — реле напряжения, В — реле времени, П — реле с питанием цепи управления переменным током);

стоящие на третьем месте буква и на четвертом цифра — значение номинального тока в цепи контакторов: буква — разряд (Е — единицы, Д — десятки, С — сотни, Т — тысячи), цифра — количество единиц данного разряда; Б2 — 2А, Е5 — 5А (для реле); Д5 — 50А, С1 — 100А и Т1 — 1000 А для контакторов);

занимающие пятое и шестое места две цифры или цифра и буква П — количество и вид контактов, цифра на пятом месте — количество независимых нормально замкнутых контактов (отсутствие данных контактов обозначается цифрой 0), цифра на шестом месте — количество независимых нормально замкнутых контактов, цифра на пятом месте и буква П «а шестом» — количество переключающих контактов (например, 01 — один нормально разомкнутый контакт, 02 — два нормально разомкнутых контакта, 2П — два переключающих контакта, 6П — шесть переключающих контактов);

расположенная на седьмом месте буква Д — длительный режим работы или К — кратковременный;

идущая на восьмом месте буква Т — реле термостойкое (седьмое и восьмое места в обозначении реле заполняют буквами О и Д, которые вместе показывают, что максимально допустимая, длительно действующая температура окружающей среды равна +85 °С);

стоящая на девятом месте буква Г — реле герметичного исполнения; если на последнем месте стоит цифра Г — реле может работать при температуре окружающей среды +100 °С.

Примеры расшифровки:

реле ТКЕ52ПОДГ — коммутационное герметичное реле с обмоткой, рассчитанной на включение в сеть постоянного тока с номинальным напряжением 27 В,

имеющее два **независимых** переключающих **контакта** на ток 5 А, **рассчитанное** на длительно действующую температуру окружающей среды — до  $+85^{\circ}\text{C}$ ;

контактор **ТКС133ДОД** — контактор с обмоткой, **рассчитанной** на включение в сеть постоянного тока с номинальным напряжением 27 В, имеющий три нормально замкнутых и три **нормально разомкнутых контакта** на ток 100 А, **рассчитанный** на длительно действующую температуру окружающей среды до  $+85^{\circ}\text{C}$ .

**Расшифровка обозначений штепсельных разъемов.** Условное обозначение составляется из обозначений классификационных признаков.

А. Штепсельный разъем типа:

2РМ	I	33	I	Б		П	I	Н	I	32		Г	I	2	I	В	I	I
I	I	II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X

I. Конструктивное **исполнение**: 2РМ — кабельные, **блочные** негерметичные; 2РМТ — тропикоустойчивые; 2РМГ — **герметичные**; 2РМД — **кабельные**, блочные негерметичные для применения в **длинных линиях**; 2РМДТ — негерметичные, тропикоустойчивые; 2РМГД — блочные **герметичные** с изоляторами из стекла; 2РМГПД — герметичные проходные.

II. **Посадочный диаметр корпуса со стороны хвостовиков контактов.**

III. **Монтажное назначение части разъема**: Б — для монтажа на панелях, блоках и перегородках; К — для монтажа на кабелях.

IV. Форма патрубка для закрепления кабеля: П — **прямой**; У — **угловой**.  
V. Вид **концевой гайки**: Э — для **экранированного** электрожгута; Н — для **неэкранированного** электрожгута.

VI. **Общее число контактов.**

VII. Вид контактов, **расположенных в данной части разъема** (колодке или вставке): Ш — **штыри**; Г — **гнезда**.

VIII. **Контактный набор** (выражается через величину диаметра контактной части штырей): 1 — **все контакты** диаметром 1 мм; 2 — **все контакты** диаметром 1 и 1,5 мм; 3 — **все контакты** диаметром 2 и 3 мм; 4 — **все контакты** диаметром 1 и 3 мм.

IX. **Покрытие контактов**: А — **золочение**; В — **серебрение**; Е — **никелирование**; П — **палладирование**.

X. **Температура, допускаемая для эксплуатации разъемов**: 1 —  $100^{\circ}\text{C}$ ; 15 —  $200^{\circ}\text{C}$ ; 2 —  $200^{\circ}\text{C}$ .

Б. Штепсельный разъем типа:

ШР(Г)		20	I	У		2		Э		Ш		3
I		II		III		IV		V		VI		VII

I. **ШР (герметичный).**

II. **Диаметр корпуса со стороны хвостовиков контактов.**

III. **Форма патрубка для закрепления кабеля**: П — **прямой**; У — **угловой**;  
ПК — **прямой кабельный**.

IV. **Число контактных пар.**

V. Вид **концевой гайки** (для соединения **электроприводов**): Э — для **экранированного** электрожгута; Н — для **неэкранированного** электрожгута.

VI. Вид контактов: Ш — **штыри**; Г — **гнезда**.

VII. **Сочетание контактных пар (набор)**: 1 — **все контакты** диаметром 1 мм; 2 — **все контакты** диаметрами 1 и 1,5 мм; 3 — **все контакты** диаметрами 2 и 3 мм; 4 — **все контакты** диаметрами 1 и 3 мм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы XXV11 съезда Коммунистической партии Советского Союза. М.: Политиздат, 1986. 352 с.
2. Авиационное оборудование самолетов Ту-154А, Ту-154Б / В. Е. Коваленко, П. А. Иванов, Ю. В. Ампилогов, Е. Е. Байков. Ч. 1 М.: Машиностроение 1984. 368 с.
3. Брускин Д. Э., Зубакин С. И. Электрооборудование транспорта. Т. 6. ВИНТИ. 1986. 110 с.
4. Брускин Д. Э. Основы электрооборудования летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1978. Т. 1. 304 с. Т. 11. 280 с.
5. Клейменов Г. Н., Курбатов И. С., Максимов Н. В. Электрооборудование летательных аппаратов. М.: Транспорт, 1982. 280 с.
6. Сапиро Д. Н. Электрооборудование самолетов. М.: Машиностроение, 1977. 302 с.
7. Синдеев И. М. Электроснабжение летательных аппаратов. М.: Транспорт. 1982. 272 с.
8. Овчинников И. Е., Лебедев Н. И. Бесконтактные двигатели постоянного тока. Л.: Наука, 1979. 270 с.
9. Электротехнический справочник / Под ред. В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова / М.: Энергоиздат, 1982. 560 с.
10. Электротехнический справочник / Под ред. В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, В. А. Лабунцева, И. Н. Орлова. Т. 1. М.: Энергоатомиздат, 1986. 488 с.
11. Электротехнический справочник / Под ред. В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, В. А. Лабунцева, И. Н. Орлова. М.: Энергоатомиздат, 1986. 712 с.

Введение	3
<i>ЧАСТЬ ПЕРВАЯ</i>	
<b>ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ САМОЛЕТОВ</b>	
<b>Глава 1. Самолетные генераторы постоянного тока</b>	<b>11</b>
1.1. Общие сведения	11
1.2. Назначение, основные технические данные, устройство и работа генераторов	12
1.3. Основные правила технической эксплуатации	16
<b>Глава 2. Регулирование напряжения самолетных генераторов постоянного тока</b>	<b>17</b>
2.1. Общие сведения	17
2.2. Угольный регулятор напряжения РН-180 2-й серии	18
<b>Глава 3. Параллельная работа и защита генераторов постоянного тока</b>	<b>22</b>
3.1. Общие сведения	22
3.2. Защита генераторов постоянного тока	25
3.3. Основные правила технической эксплуатации аппаратуры защиты генераторов	36
<b>Глава 4. Самолетные генераторы переменного тока</b>	<b>38</b>
4.1. Общие сведения	38
4.2. Назначение, основные технические данные, устройство и работа генераторов переменного тока	39
<b>Глава 5. Регулирование напряжения и защита генераторов переменного тока</b>	<b>42</b>
5.1. Общие сведения	42
5.2. Система энергоснабжения самолета Ту-154Б	43
5.3. Система энергоснабжения самолета Як-42	78
5.4. Система энергоснабжения самолета Ту-134А	91
<b>Глава 6. Авиационные преобразователи электроэнергии, коробка переключющих реле и аппарат переключения преобразователя</b>	<b>101</b>
6.1. Общие сведения	101
6.2. Назначение, основные технические данные, устройство, работа, проверка	102
<b>Глава 7. Самолетная электрическая сеть</b>	<b>134</b>
7.1. Общие сведения	134
7.2. Элементы электрических сетей	136
7.3. Особенности эксплуатации	149

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ

### АВИАЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ АВИАЦИОННОГО ГИДРОПРИВОДА

Глава 8. Авиационный электропривод . . . . .	151
8.1. Общие сведения . . . . .	151
8.2. Электромеханизмы постоянного и переменного токов . . . . .	151
8.3. Системы управления элементами самолета . . . . .	158
Глава 9. Электрическая часть авиационного гидропривода . . . . .	209
9.1. Общие сведения . . . . .	209
9.2. Электрические схемы управления гидросистемами . . . . .	210

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

### СИСТЕМЫ САМОЛЕТНОЙ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

Глава 10. Системы электрического запуска авиационных двигателей . . . . .	222
10.1. Общие сведения . . . . .	222
10.2. Система запуска турбореактивного двигателя . . . . .	222
Глава 11. Электрооборудование топливных систем . . . . .	251
11.1. Общие сведения . . . . .	251
11.2. Система управления порядком расхода топлива . . . . .	253
11.3. Централизованная заправка самолета топливом . . . . .	263
Глава 12. Системы освещения и сигнализации . . . . .	269
12.1. Общие сведения . . . . .	269
12.2. Системы внешнего освещения на самолете Ту-154Б . . . . .	270
12.3. Системы внутренней сигнализации на самолете Ту-154Б . . . . .	272
12.4. Радиоизотопный сигнализатор обледенения РИО-3 . . . . .	277
12.5. Системы внешней сигнализации . . . . .	283
Глава 13. Противообледенительные устройства самолетов . . . . .	286
13.1. Общие сведения . . . . .	286
13.2. Электрические схемы противообледенительных устройств . . . . .	287
Глава 14. Электроагрегаты системы высотного оборудования . . . . .	296
14.1. Общие сведения . . . . .	296
14.2. Электрические схемы электроагрегатов высотного оборудования . . . . .	297
Глава 15. Системы пожаротушения . . . . .	303
15.1. Общие сведения . . . . .	303
15.2. Электрические схемы систем пожаротушения на самолете Ту-154Б . . . . .	304
15.3. Система обнаружения дыма на самолете Ту-154Б . . . . .	312
15.4. Система нейтрального газа . . . . .	314
15.5. Краткие сведения о системах пожаротушения на самолете Ту-134А . . . . .	315
Приложение. Расшифровка обозначений реле, контакторов и штепсельных разъемов . . . . .	316
Список литературы . . . . .	318

