

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

А.Н. КОПТЕВ

**АВИАЦИОННОЕ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Книга 1

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
Издательство СГАУ
2011

УДК СГАУ: 656(075)
ББК 39.5
К658

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В. И. Г р е ч и ш н и к о в;
каф. «Техническая эксплуатация авиационных электросистем
и пилотажно-навигационных комплексов» МГТУ ГА, г. Москва.

Контев А.Н.

К658 **Авиационное и радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации. В 3 кн. Кн. 1:** учеб. пособие / *А.Н. Контев.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 244 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-0818-0

Излагаются основы построения, характеристики элементов, агрегатов и систем электрооборудования ЛА в целом. Рассмотрены вопросы развития и основные системы электроснабжения отечественных и зарубежных воздушных судов гражданской авиации. В рамках представления основных классов потребителей электрической энергии рассмотрены электроприводы агрегатов и систем ЛА, примеры электроприводов постоянного и переменного тока. Как отдельный энергоемкий потребитель первой категории рассмотрено внешнее и внутреннее освещение современных отечественных и зарубежных ВС гражданской авиации.

Учебное пособие предназначено для студентов 4-5 курсов, обучающихся по специальности «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и их двигателей» и «Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов».

Пособие является первым из серии «Авиационное и радиотехническое оборудование».

УДК СГАУ: 656(075)
ББК 39.5

ISBN 978-5-7883-0818-0

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	10
1. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	10
1.1 Основные понятия и определения.....	10
1.2 Системы электроснабжения современных самолетов гражданской авиации.....	13
1.2.1 Основная система электроснабжения самолета Ан124100.....	14
1.2.2 Основная система электроснабжения переменным током самолета Ту-204.....	79
1.3 Системы электроснабжения самолетов фирмы «Боинг» (на примере В – 757, В – 767 , В - 777).....	130
1.4 Системы распределения электрической энергии на современных самолетах (на примере Ту-204).....	144
1.5 Потребители электрической энергии.....	149
1.5.1 Электропривод механизмов, агрегатов и органов управления летательных аппаратов.....	149
1.5.2 Примеры самолетного электропривода.....	177
1.6 Светотехническое оборудование современных самолетов.....	189
1.7 Перспективы развития системы электроснабжения ВС гражданской авиации.....	212
Система электроснабжения АН-140.....	212
Система электроснабжения В-787.....	236
Система электроснабжения А380.....	238
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	245

ВВЕДЕНИЕ

Электрическое оборудование летательных аппаратов в зависимости от назначения каждого его элемента может быть подразделено на три основные группы:

- 1) система генерирования – источники электрической энергии, преобразователи, их защитные и регулирующие устройства;
- 2) система передачи и распределения энергии;
- 3) потребители электрической энергии.

В первую группу входят:

а) основные источники электрической энергии – электрические генераторы постоянного и переменного тока;

б) аварийные источники электрической энергии – химические источники тока;

в) преобразователи электрической энергии, включающие электромашинные и статические преобразователи всех типов;

г) регулирующая, управляющая и защитная аппаратура: включающая регуляторы напряжения и частоты; устройства для защиты генераторов от обратных токов и обратной мощности, защиты от перенапряжений и перегрузок; устройства, обеспечивающие автоматическое распределение активных и реактивных мощностей между параллельно работающими генераторами; устройства включения и отключения генераторов на сеть.

Составными элементами второй группы являются:

а) электрическая (бортовая) сеть, включающая отдельные провода и жгуты электрических проводов;

б) аппаратура коммутации, управления и защиты;

в) распределительные устройства;

г) контрольно-измерительные приборы для наблюдения за режимом работы электрической системы летательного аппарата;

д) монтажное и установочное оборудование (разъемы, распределительные устройства, пульты и т.п.).

К третьей группе относятся потребители электрической энергии:

а) электрические двигатели, электромагниты и иные устройства, служащие для приведения в действие и управления исполнительными механизмами, агрегатами и различными органами летательного аппарата;

б) осветительное оборудование (внешнее, внутреннее освещение, огни предупреждения столкновений, освещение кабины экипажа и служебных отсеков);

в) противообледенительные и обогревательные устройства, а также холодильные установки;

г) средства связи и радиоаппаратура (радиолокация, радионавигация, аппаратура опознавания противостолкновения для управления воздушным движением);

д) системы автоматического управления;

е) контрольно-измерительная аппаратура и приборы, основанные на использовании электрической энергии, термометры, тахометры, топливомеры, компасы и т.п.;

Как отдельные элементы, так и весь комплекс сложного и разнообразного оборудования летательного аппарата работает в условиях, значительно отличающихся от условий, в которых действует наземное оборудование. Эти условия являются весьма сложными и тяжелыми. Они характеризуются широким диапазоном изменения температуры, давления, плотности, влажности и электропроводности воздуха, наличием механических сил, действующих на оборудование, изменением положения оборудования в пространстве, наличием паров топлива и масла. Таким образом, основные особенности работы электрооборудования летательных аппаратов связаны с высотой и скоростью полета, а также с механическими нагрузками и особенностями, обусловленными условиями эксплуатации и размещения оборудования.

Работа авиадвигателя и различных агрегатов, установленных на летательном аппарате, сопровождается выделением тепла. Это приводит к сильному нагреву расположенных вблизи них объектов электрооборудования. Например, температура мест крепления элементов электрооборудования на авиадвигателе может достигать 250° С и выше.

Высота полета оказывает значительное воздействие на работу всего комплекса электрооборудования самолета.

Давление атмосферного воздуха у поверхности земли в средних широтах изменяется в пределах 730-780 мм рт. ст. С увеличением высоты давление падает. На высоте 12 км давление атмосферного воздуха примерно в 6 раз меньше давления у земли, а на высоте

20 км – в 16 раз; на высоте 35 км давление составляет около 4 мм рт. ст.

Плотность воздуха прямо пропорциональна давлению и обратно пропорциональна температуре. С увеличением высоты плотность воздуха уменьшается. На высоте 12 км плотность воздуха примерно в 4 раза меньше плотности воздуха у земли, на высоте 20 км – в 14 раз.

Влажность воздуха (содержание в воздухе водяных паров) также изменяется. На высотах выше 9-10 км водяные пары почти полностью отсутствуют в воздухе.

Степень насыщенности воздуха водяными парами характеризуют *относительной влажностью*, под которой понимают отношение количества водяного пара в 1 м³ воздуха к количеству, которое насыщало бы воздух при той же температуре. В реальных условиях относительная влажность воздуха может достигать 95 - 98%.

Электропроводность воздуха при нормальных атмосферных условиях чрезвычайно мала, и только высокие напряжения могут создать заметный электрический ток. С высотой она возрастает в связи с уменьшением плотности и увеличением интенсивности ионизации воздуха под действием космических лучей и ультрафиолетовых лучей Солнца.

К механическим силам, действующим на оборудование, относятся: силы инерции, возникающие при явлении ускорения и действующие длительно без перемены знака; вибрационные силы, обусловленные наличием на летательном аппарате вибраций, эти силы периодически меняют свое направление; аэродинамические силы, появляющиеся вследствие воздействия на летательный аппарат или его отдельные части аэродинамического потока воздуха; ударные силы, возникающие при посадке и взлете летательного аппарата, работе его агрегатов и систем (например, оружия).

Когда летательный аппарат испытывает ускорение, все элементы электрооборудования подвергаются перегрузке. Наибольшие перегрузки обусловлены действием сил инерции при взлете и посадке.

Изменение физических свойств окружающего воздуха оказывает влияние на работу электрооборудования летательного аппарата.

Изменение температуры вызывает изменение электрического сопротивления проводов, емкости аккумуляторов, вязкости смазочных веществ, применяемых в исполнительных механизмах электроприводов, и вследствие этого – изменение момента сопротивления электродвигателей, формы и размеров деталей, используемых в электротехнических устройствах, механической прочности материалов и т.д. Так, например, при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ электрическое сопротивление медных и алюминиевых проводов приблизительно в 1,4 раза больше, чем при температуре -60°C .

Изменение плотности, влажности и электропроводности воздуха влечет за собой изменение условий коммутации в электрических машинах постоянного тока, сопротивления изоляции, продолжительности горения электрической дуги и т.д. Так, например, продолжительность горения электрической дуги при напряжении 24 В на высотах 15-16 км удваивается по сравнению с продолжительностью горения у земли.

С изменением температуры и плотности воздуха изменяются условия охлаждения электрических машин, аппаратов и проводов. С подъемом на высоту, несмотря на понижение температуры атмосферного воздуха, удельная теплоемкость воздуха из-за уменьшения плотности снижается. Это ухудшает условия охлаждения электрических машин, аппаратов и проводов.

Механические силы, действующие на электротехнические установки, могут привести к различного рода повреждениям, например к обрыву проводов и обмоток, особенно в местах их пайки, к появлению трещин и порче электроизоляционных материалов, ускоренному износу осей и подшипников в электромеханизмах, нарушению нормальной работы упругих и подвижных элементов электроаппаратов (пружин, якорей электромагнитов и т.п.).

Надежная работа электрооборудования в условиях изменяющихся физических свойств среды и непрерывного воздействия вибраций и механических сил возможна лишь при строгом учете этих условий при конструировании и в процессе эксплуатации электрооборудования.

Важность и сложность функций, выполняемых электрооборудованием летательного аппарата, определяют основное требование, предъявляемое к нему надежность и

безотказность действия. Из условий обеспечения его вытекает и ряд других требований, отличных от требований, предъявляемых к аналогичным видам наземного электрооборудования, например к автомобильным стационарным наземным установкам промышленного типа. Для выполнения основного требования в ряде случаев необходимо применять специальные конструкции и материалы, использовать особенные принципы при конструировании отдельных элементов и установок и руководствоваться иными соображениями при проектировании всей системы в целом. Кроме того, необходимо иметь в виду, что сроки службы электрооборудования летательных аппаратов устанавливаются более короткие, чем аналогичных видов обычного наземного оборудования, и что требование дешевизны в некоторых отдельных случаях не являются решающим.

В целом отдельные требования могут оказаться противоречивыми (например, иметь минимальные массы и габариты и максимальную прочность), и тогда задачей конструктора является компромиссное решение, обеспечивающее основные требования, которые являются решающими для данного конкретного случая.

Тактико-технические требования, предъявляемые к самолетному оборудованию, разработанные с учетом условий работы электрооборудования и его назначения включают следующие показатели.

Надежность и безотказность работы. Под надежностью и безотказностью работы понимается защита отдельных объектов (источников электрической энергии потребителей и сети) в случае аварий и коротких замыканий; блокировка для предотвращения возможных ошибок при управлении, которые могут привести к авариям; автоматическое поддержание работы оборудования в условиях чрезвычайных режимов по возможности длительное время (пониженное напряжение срабатывания для электромагнитов, дублирование цепи питания ответственных потребителей и т.п.).

Надежность оборудования приобретает все больший экономический смысл. Простой дорогого самолета приносит большие убытки эксплуатирующим авиакомпаниям.

Масса и габариты. Масса оборудования современного самолета составляет значительную величину, примерно равную полезной нагрузке самолета. Экономия в массе оборудования позволяет

увеличить запас горючего, т.е. увеличить длительность полета, потолок и скорость набора высоты, полезную нагрузку, а также уменьшить посадочную скорость и разбег при взлете.

Необходимо учитывать, что кроме массы самого оборудования обычно приходится учитывать массу дополнительных опорных конструкций и крепежного материала для установки их на самолете.

В целом экономия массы электрического оборудования самолета имеет важное экономическое значение.

Прочность электрооборудования включает механическую, электрическую и термическую прочность.

Химическая стойкость электрооборудования связана с уменьшением коррозии электрических соединений, а также основных компонентов этого оборудования.

Простота эксплуатации и ремонта электрооборудования.

Экономические требования. Оптимальная стоимость при изготовлении и обслуживании электрооборудования.

1. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

1.1 Основные понятия и определения

Система электроснабжения – комплекс основных, вспомогательных и аварийных систем, включающий первичные, вторичные, третичные системы вместе со всем оборудованием, входящим в эти системы (аппаратура регулирования, защиты, управления, коммутирования), включая питательные сети. В понятие электроснабжения не входят распределительные и фидерные сети, их защита и управление и самолетные потребители электроэнергии.

Основная система электроснабжения, обеспечивающая электропитание в нормальных полетных условиях.

Вспомогательная система электроснабжения, обеспечивающая электропитание в нормальных условиях на земле при неработающей основной системе. Примером такой системы является вспомогательная силовая установка (ВСУ) с дополнительным генератором, включаемая только на аэродромах для обеспечения электропитания самолета при неработающих авиадвигателях.

Вспомогательно-аварийная система электроснабжения, выполняющая, кроме функций вспомогательной системы, функции аварийного электроснабжения в полете, при полной или частичной потере электроснабжения от основной системы. Такая система в отличие от простой вспомогательной работает в полете одновременно с основной или с частью основной системы. Примером такой системы является та же ВСУ с генератором. Отличается она тем, что вспомогательный генератор используется не только на земле, но и в полете, взамен одного или нескольких генераторов, вышедших из строя.

Аварийная система электроснабжения, осуществляющая электропитание в полете при полной потере электроснабжения от основной или от вспомогательно-аварийной системы (если последняя имеется на самолете).

Аэродромный источник электроэнергии, обеспечивающий электропитание самолета в наземных условиях от внешнего (несамолетного) источника электроэнергии. Для приема этой

энергии на самолете устанавливают одну или несколько вилок аэродромного питания, с помощью которых электроэнергию подают к бортовым шинам и от них к потребителям электроэнергии, при отключенных основной и вспомогательной системах.

Первичная, вторичная, третичная системы. Каждая основная, вспомогательная и аварийная система состоит, как правило, из двух, а иногда и более систем электроснабжения, питающих потребителей током и напряжением различного рода. Практически на самолетах встречаются следующие роды тока и напряжения в различных сочетаниях:

- 1) постоянный ток 27 и 115 В;
- 2) переменный трехфазный или однофазный ток переменной частоты с различными значениями номинального напряжения;
- 3) переменный трехфазный или однофазный ток постоянной частоты с различными значениями номинальных напряжений и частоты.

Получение на самолете требуемых родов тока в различных сочетаниях обеспечивается первичными, вторичными, третичными и т. п. системами.

Первичная система электроснабжения, преобразующая любую энергию (механическую, воздушную, гидравлическую, химическую и т. п.) в электрическую. Так, например, первичная основная система на подавляющем большинстве самолетов состоит из генераторов, приводимых во вращение авиадвигателями (непосредственно или через привод постоянной скорости - ППС), со своей аппаратурой и питательной сетью. Первичная вспомогательная система состоит, например, из генератора, приводимого во вращение ВСУ, со своей аппаратурой и сетью. Первичная аварийная система состоит из аккумуляторной батареи, аппаратуры и сети или из генератора, приводимого во вращение выдвигной турбиной - ветрянкой от набегающего потока воздуха.

Вторичная система электроснабжения, преобразующая электроэнергию первичной системы в электроэнергию другого рода тока или напряжения. Так, например, если первичная система выполнена на постоянном токе, вторичной системой является инвертор, вращающийся или статический со своей аппаратурой и сетью, преобразующий постоянный ток в переменный постоянной частоты 400 Гц. Если первичная система выполнена на переменном

токе переменной или постоянной частоты, то вторичной здесь будет трансформаторно-выпрямительный агрегат со своей аппаратурой и сетью, обеспечивающий получение постоянного тока.

Третичная система электроснабжения, преобразующая электроэнергию вторичной системы в электроэнергию другого рода тока или напряжения. Так, например, если первичная система выполнена на переменном токе переменной частоты, вторичная - на постоянном токе (так называемая система с выпрямлением), то требуемый для ряда потребителей переменный ток постоянной частоты 400 Гц получают с помощью инверторов (вращающихся или статических), образующих со своей сетью и аппаратурой третичную систему.

В ряде случаев дополнительно один род тока преобразуется в другой преобразователем, непосредственно встроенным в потребителе электроэнергии (например, требуемая для некоторых видов радиоэлектронного оборудования повышенная частота или иное напряжение). При этом дополнительная система электроснабжения не возникает.

Вторичные системы могут встречаться не только в основных системах электроснабжения, но и во вспомогательных или аварийных.

Простая и смешанная системы. Первичная, вторичная и третичная системы могут быть простыми и смешанными.

Простая система электроснабжения (первичная, вторичная или третичная системы), выполненная на любом уровне только на один род тока и напряжения. Такими системами являются, например, основные первичные системы с генераторами только постоянного тока (27 В) или с генераторами только переменного тока одного напряжения и частоты (трехфазные 115/200 В 400 Гц). Аналогично этому простыми являются вторичные системы, выполненные только на переменном токе одного напряжения и частоты (например, однофазные 115 В 400 Гц) или выполненные только на постоянном токе одного напряжения (27 В).

Смешанная система электроснабжения (первичная, вторичная или третичная системы), выполненная на любом уровне на два или более родов тока и напряжения. Примерами смешанных основных первичных систем являются системы с генераторами постоянного тока 27 В и переменного тока переменной частоты, приводимыми во

вращение авиадвигателями; системы с генераторами переменного тока переменной частоты, выполненными на два или три различных напряжения; системы с генераторами постоянного тока на напряжение 115 и 27 В.

Примерами смешанных основных вторичных систем являются системы с выпрямлением, у которых вторичная система выполнена с трансформаторно-выпрямительными агрегатами на два напряжения 115 и 27 В. Примерами смешанных аварийных первичных систем являются системы с аккумуляторной батареей, обеспечивающей электроснабжение постоянным током и генератором переменного тока постоянной частоты, приводимым во вращение выдвигной турбиной - ветрянкой.

Одноканальные и многоканальные системы электроснабжения.

Каналом электроснабжения называется один изолированно взятый источник электроэнергии со своей аппаратурой и сетью. В соответствии с этим система электроснабжения может быть одноканальной, например, на самолетах с одним двигателем и одним генератором. Такая система на пассажирских самолетах встречается лишь на небольших туристских, спортивных, личных или административных самолетах. На большинстве пассажирских самолетов применяются двух-, трех- и четырехканальные (реже больше) системы электроснабжения.

Основные первичные, вторичные, третичные системы можно выполнять с параллельной или раздельной работой каналов электроснабжения. Значение этих терминов общеизвестно и в пояснениях не нуждается.

1.2 Системы электроснабжения современных самолетов гражданской авиации

Последние десятилетия XX столетия ознаменовались переводом большинства потребителей на питание переменным током, что связано с необходимостью уменьшения массы всего комплекса электрооборудования самолетов, а также роста потребляемой мощности.

Основной структурной схемой электроснабжения современных самолетов [1,3] является система переменного тока стабильной частоты, структурная схема которого представлена на рис. 1.

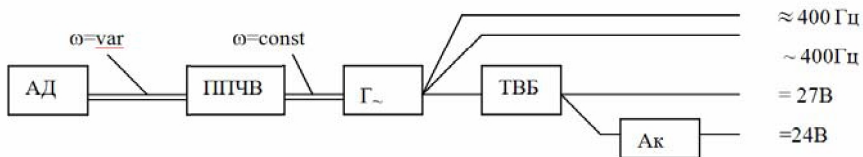


Рис. 1. Структурная схема электроснабжения переменным током стабильной частоты:

АД-авиационный двигатель; Г-генератор переменного трехфазного тока; ТВБ-трансформаторновыпрямительный блок; ППЧВ-привод постоянной частоты вращения; АК-аккумуляторная батарея.

Реализацию этой системы рассмотрим на примере системы электроснабжения самолетов гражданской авиации Ан-124-100 и Ту-204 [6]. Система электроснабжения (СЭС) состоит из:

- основной СЭС переменным током постоянной частоты;
- вторичной СЭС переменным током постоянной частоты трехфазным $U=36 \text{ В}$, $f=400 \text{ Гц}$; и СЭС постоянным током. $U=27 \text{ В}$;
- вспомогательной СЭС переменным трехфазным током $U=208/115 \text{ В}$, $f=400 \text{ Гц}$ от генератора вспомогательной силовой установки (ВСУ);

1.2.1 Основная система электроснабжения самолета Ан-124-100

Электроснабжение бортовых потребителей обеспечивают три централизованные системы электроснабжения:

- основная система трехфазного переменного тока напряжением 200/115 В стабилизированной частотой 400 Гц как наиболее надежная в эксплуатации и наиболее выгодная в отношении массы;
- вторичная система трехфазного переменного тока напряжением 36 В стабилизированной частотой 400 Гц;
- вторичная система постоянного тока напряжением 27 В.

На самолете установлен ряд потребителей, которые питаются однофазным переменным током напряжением 115 В частотой 400 Гц. Эти потребители подключены к одной из фаз основной системы и к силовой нейтрали (корпусу самолета).

Совмещенная схема систем электроснабжения приведена на рис.2. Расположение оборудования систем электроснабжения приведено на рис. 3.

Основными источниками электроэнергии системы электроснабжения 200/115 В 400 Гц являются четыре генератора (Г1, Г2, Г3, Г4) ГТ60НЖ412Л мощностью по 60 кВ·А, установленные по одному на каждом двигателе. Частота вращения каждого генератора поддерживается постоянной с помощью гидромеханического привода. Конструктивно генератор и привод объединены в один агрегат – привод генератор ГП-23. Резервными источниками системы являются генераторы (Г5, Г6) ГТ40ПЧ8Б, мощностью 40 кВ·А каждый, установленные по одному на каждом двигателе ВСУ. На земле они обеспечивают автономность электропитания самолета.

В полете при отказе основных генераторов на оба борта могут быть подключены два генератора ВСУ - по одному на каждый борт. При работе одного генератора ВСУ он подключается на оба борта. Имеется возможность подключения генераторов ВСУ на всю бортовую сеть или только на аварийные шины ВСУ. В последнем случае генераторы Г5, а Г6 обеспечивают питание потребителей, подключенных к аварийным шинам.

Аварийными источниками системы электроснабжения 200/115 В 400 Гц являются два статических преобразователя ПТС-1600 мощностью по 1,6 кВ·А, преобразующие электроэнергию постоянного тока, в переменный трехфазный ток напряжением 200/115 В стабилизированной частотой 400Гц. Одновременно ПТС-1600 является аварийными источниками питания понижающих трансформаторов Тр5, Тр6 системы 36 В 400 Гц.

Каждый преобразователь подключается к своей аварийной шине, которая нормально подключена к шине ВСУ своего борта. Преобразователи работают на холостом ходу, а к аварийным шинам подключаются автоматически при нарушении питания шин ВСУ своего борта. Имеется возможность вручную подключить ПТС-1600 к аварийным шинам независимо от работы других источников 200/115 В.

Для проведения погрузочно-разгрузочных работ на шины погрузочных устройств могут быть подключена Г5, Г6 или Г1, или Г4, или аэродромный источник 200/115 В, который подключается к бортсети через штепсельный разъем аэродромного питания ШРАП-400-3ф, установленный в правом обтекателе шасси. Имеется возможность одновременного подключения генераторов Г5, Г6 или аэродромного источника 200/115 В на бортсеть и на шина погрузочных устройств.

Основными источниками вторичной системы электроснабжения 36 В 400 Гц являются понижающие трансформаторы Тр2, Тр3 типа ТС350С04А мощностью 5 кВА каждый, Тр1 и Тр4 типа ТС310С04Б мощностью по 1 кВ·А.

Аварийными источниками являются трансформаторы Тр5 и Тр6 ТС310С04Б мощностью 1 кВ·А каждый. Трансформаторы Тр1, Тр2 и Тр5 образуют подсистему левого борта, трансформаторы Тр3, Тр4 и Тр6 - правого борта. Нормально работают трансформаторы Тр1, Тр2, Тр3, Тр4, а трансформаторы Тр5 и Тр6 работают без нагрузки. Они подключаются к системе 36 В 400 Гц при отказе трансформаторов Тр2 и Тр3.

Для повышения надежности системы питания трансформаторов производится от разных источников: Тр1 и Тр4 - от основных шин 200/115В; Тр2 и Тр3 - от шин ВСУ; Тр5 и Тр6 - от аварийных шин 200/115В. Выход каждого трансформатора подключается в своим шинам нагрузки Тр1. Тр2, Тр3, Тр4, Тр5, Тр6. Шины Тр2 и Тр3 резервируются между собой. Шина Тр1 резервируется от шины Тр2, а шина Тр4 - от шины Тр3. Аварийные шины Тр5 и Тр6 подключаются соответственно к шинам Тр2 и Тр3 (основное питание), к шинам Тр3 и Тр4 (резервное питание), к шинам Тр5 и Тр6 (аварийное питание).

При работе генераторов ВСУ только на аварийные шины 200/115 В трансформаторы Тр1 и Тр4 отключаются. Их шины будут питаться от Тр2 и Тр3 соответственно.

Основными источниками системы электроснабжения постоянного тона напряжением 27 В являются 4 выпрямительных устройства ВУ1, ВУ2, ВУ3, ВУ4 типа ВУ-6Б мощностью по 6 кВт, которые преобразуют в постоянный ток электроэнергию источников 200/115 В 400 Гц.

При работе генераторов ВСУ только на аварийные шины ВУ1 и ВУ4 отключаются.

Аварийными источниками постоянного тока являются 4 аккумуляторные батареи Акк1, Акк2, Акк3, Акк4 типа 20НКБН-40-У3, которые обеспечивают запуск ВСУ и питание аварийных потребителей постоянного тока.

При нормальной работе системы ВУ1 и ВУ2, а также Акк1 и Акк2 образуют подсистему левого борта, ВУ3 и ВУ4, Акк3 и Акк4 образуют подсистему правого борта. При этом ВУ и Акк работают в подсистемах параллельно. При переходе на аварийное питание Акк1, Акк2, Акк3 и Акк4 объединяются и обеспечивают питание потребителей, подключенных к аварийным шинам этих аккумуляторных батарей.

Аэродромный источник 27 В, подсоединяемый к самолету через штепсельный разъем аэродромного питания ШРАП-500К на правом обтекателе шасси, на бортовую сеть не подключается, а обеспечивает только запуск ВСУ и питание шин наземного обслуживания.

Кроме источников систем 200/115 В, 36 В и 27 В, на самолете установлены автономные источники питания отдельных систем:

- преобразователь однофазный, статический ПОС-125Т4 для автомата расхода топлива;
- три преобразователя трехфазных статических ПТС-250 и один трансформатор ТС310СО4Б для системы улучшения устойчивости (СУУ);
- три выпрямительных устройства ВУ-3Б для инерциальных систем.

Управление системой электроснабжения производится со щитка электроснабжения, расположенного на рабочем месте бортинженера по авиационному оборудованию. На щитке (рис. 4) находятся выключатели дистанционного включения источников электроэнергии, контрольно-измерительные приборы и их переключатели, светосигнальные табло и мнемосигнализаторы.

Для контроля источников 200/115 В установлены:

- вольтметр БФ 0,4-150 и частотомер ЧФ4-1 с галетными переключателями для подключения их в измеряемую точку бортсети;

- шесть амперметров АФ1-200 для контроля тока каждого генератора с галетными переключателями для переключения их по фазам;

- светосигнальное табло поиска отказавшего блока с галетным переключателем для выбора проверяемого канала.

Для контроля источников 27 В установлены:

- вольтметр 3-1 с галетным переключателем для подключения его в измеряемую точку бортсети;

- четыре амперметра А-1 для контроля тока каждого выпрямительного устройства и два амперметра для контроля тока аккумуляторных батарей левого и правого бортов.

Для контроля напряжения источников 36 В установлен вольтметр ВФ 0,4-45 с галетным переключателем.

Светосигнальные табло всех нормально работающих источников электроэнергии сигнализируют их отключение от бортсети.

Кроме того, на щитке электроснабжения применена мнемосигнализация с подсветом индексов и линий мнемосхем, дающая наглядное представление о состоянии работы систем электроснабжения.

Для облегчения действий бортингенера при отказах в системах электроснабжения применена обобщающая сигнализация. Для этой цели на верхней приборной доске бортингенера установлены светосигнальные табло:

–«Перем.ток. – Проверь»;

–«Пост. ток. – Проверь», загораются при отказе или отключении любого соответствующего источника электроэнергии.

Система электроснабжения (СЭС) контролируется бортовой автоматизированной системой контроля (БАСК).

Информацию о состоянии СЭС можно получить, выводя, на экран блока индикации БАСК аналоговые параметры, бинарные сигналы или параметрический кадр «Электроснабжение». БАСК контролирует:

- напряжение фаз А, В, С основных генераторов;
- частоту основных генераторов;
- напряжение на шинах аккумуляторных батарей в левом и правом ЦРУ 27 В;
- включение основных генераторов;

- включение выпрямительных устройств 27 В;
- включение трансформаторов 36 В;
- включение аккумуляторных батарей.

При отклонении напряжения или частоты на контролируемых участках бортсети за допустимые пределы загораются светосигнальные табло

«Перем.ток. –Проверь» или «Пост.ток.- Проверь» и на экран блока индикации БАСК выводится детализирующее сообщение.

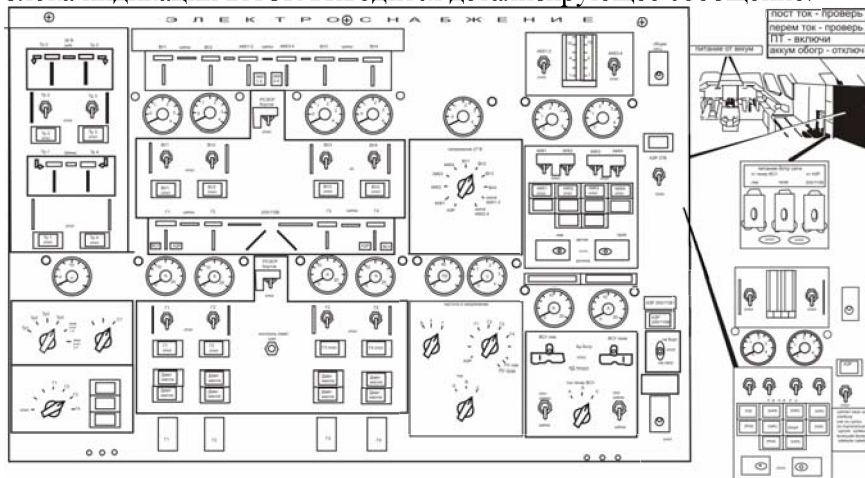


Рис. 4. Расположение органов управления и индикации системы электроснабжения

Таблица 1. Эксплуатационные ограничения

Наименование параметра	Значение параметра		
	мин.	норм.	макс.
Система 200/ 115 В			
Напряжение, В:			
аэродромного источника	115	-	120
генератора ВСУ	115	-	120
основного генератора	115	-	120
преобразователя ПТС-1600	108	115	120

Продолжение табл. 1

Частота, Гц:			
аэродромного источника	332		408
генератора ВСУ	392	400	408
основного генератора	392	400	408
преобразователя ПТС-1600	392	400	408
Ток, А:			
а) генератора ВСУ;			
- длительно	-	-	110
- до 5 мин	-	-	165
б) основного генератора:			
- длительно на земле	-	-	80
- длительно в полете	-	-	165
- кратковременно до 5 мин			
в полете	-	-	250
Система 36 В			
Напряжение трансформатора, В	34	36	38
Система 27 В			
Напряжение, В:			
аэродромного источника	26,5	28	29,5
аккумуляторной батареи	20	25,5	27
выпрямительного устройства	25,5	28,5	30
Ток, А:			
а) выпрямительного устройства:			

Окончание табл.1

- длительно	-	-	200
- до 5 мин	-	-	300
б) аккумуляторных батарей (для каждого амперметра при аккумуляторном питании бортсети)	-	-	150
Температура в отсеках аккумуляторных батарей, С	- 50	от -5 до +40	+50

Основная система электроснабжения переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В стабилизированной частотой 400 Гц

Общие положения. Система электроснабжения переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В 400 Гц обеспечивает:

- основное питание всего бортового оборудования с двойным запасом по мощности от основных генераторов;
- питание погрузочно-разгрузочного комплекса от генератора Г1 или Г4;
- резервное питание в полете всего оборудования от двух генераторов ВСУ;
- аварийное питание части оборудования 200/115 В и 36 В от преобразователей;
- снабжение электроэнергией систему 27 В через трансформаторно-выпрямительные устройства;
- снабжение электроэнергией систему 36 В 400 Гц через понижающие трансформаторы;
- автономное питание на земле бортового оборудования или погрузочно-разгрузочного комплекса от генераторов ВСУ;
- питание бортсети или погрузочно-разгрузочного комплекса от аэродромного источника переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В частотой 400 Гц с заземленной нейтралью.

Система выполнена с заземленной нейтралью, поэтому обеспечивает питание переменным трехфазным током напряжением 200В, переменным однофазным током напряжением 200 и 115 В.

В состав системы входят:

- четыре генератора ГТ60НЖ12Л мощностью по 60 кВт·А (в составе приводов-генераторов ГП-23);

- два генератора ГТ40ПЧ8Б мощностью по 40 кВ·А;
- два преобразователя ПТС-1600 мощностью по 1,6 кВ·А (техотсек);
- шесть блоков регулирования, защиты и управления БРЗУ 115 В (техотсек);
- четыре блока трансформаторов тока БТТ60БТ (левое и правое ЦРУ 200/115В);
- два блока трансформаторов тока БТТ40БТ (левое и правое РУ ВСУ);
- четыре автомата переключения, шин АПШ-3М;
- блок чередования фаз БЧФ-208;
- разъем аэродромного питания ШРАП-400-3ф (правый обтекатель шасси);
- ЦРУ 200/115 В левое (техотсек, шп. 38-41);
- ЦРУ 200/115 В правое (техотсек, шп. 38-41);
- РУ 200/115 В левое (кабина экипажа);
- РУ 200/115 В и 36 В правое (кабина экипажа);
- РУ 200/115 В левое ВСУ (кабина обслуживающего персонала, шп. 69-70);
- РУ 200/115 В правое ВСУ (кабина обслуживающего персонала, шп. 69-70);
- РУ 200/115 В правого обтекателя (правый обтекатель шасси);
- РУ 200/115 В погрузочных устройств левое (кабина обслуживающего персонала, шп. 62-63);
- РУ 200/115 В погрузочных устройств правое (кабина обслуживающего персонала, шп. 62-63).

Расположение оборудования приведено на рис. 1.3, при этом необходимо иметь в виду, что БТТ60БТ, БТТ405Т, БЧФ-208 и АПШ-3М расположены внутри соответствующих распределительных устройств.

Назначение и основные тактико-технические данные источников электроэнергии и аппаратуры, работающей с ними.

Генератор ГТ60НЖЧ12Л предназначен для преобразования механической энергии двигателя в электроэнергию переменного трех фазного тока напряжением 200/115 В стабилизированной частотой 400 Гц.

Генератор представляет собой четырех полюсную синхронную безщеточную электрическую машину со встроенным трехфазным возбудителем переменного тока и блоком вращающихся выпрямителей.

Для обеспечения автономной работы генератора и его аппаратуры на одном валу с генератором и возбудителем расположен подвозбудитель с возбуждением от постоянного магната. При вращении ротора генератора постоянный магнит подвозбудителя наводит в своих неподвижных обмотках статора, напряжение частотой 800 Гц, которое через блок регулирования, защиты и управления поступает на обмотку возбуждения возбудителя. Создаваемый этой обмоткой магнитный поток наводит во вращающихся обмотках возбудителя напряжение переменного тока, которое через блок вращающихся выпрямителей поступает на вращающуюся обмотку возбуждения генератора. В трехфазных неподвижных обмотках статора генератора наводится основное напряжение переменного трехфазного тока.

Генератор приводится во вращение гидроприводом постоянной скорости и образует вместе с ним единый агрегат - интегральный привод-генератор ГП-23. Корпус генератора стыкуется с корпусом привода и образует с ним общую полость.

В конструкцию генератора введены три трансформатора тока дифференциальной защиты, которые вместе с трансформаторами тока БТТ60БТ и блоком БРЗУ115 В обеспечивают защиту от коротких замыканий генератора и его силовой электропроводки.

Охлаждение генератора - масляное. Масло подается из масло-системы привода и является рабочей жидкостью привода.

Основные данные:

Мощность, кВт·А	
- эксплуатационная	30
- номинальная	60
- перегрузочная до 5 мин	90 (ток 250А)
- перегрузочная до 5с	120 (ток 337А)
Номинальный ток нагрузки в полете, А	167
Напряжение фазное, В	115 – 120
Частота, Гц	400±8

Число фаз	3
Частота вращения, об/мин	12000
Допустимый максимальный ток нагрузки на земле, А	не более 80

Генератор ГТ40ПЧ8Б предназначен для преобразования механической энергии двигателя ВСУ в электроэнергию переменного трехфазного тока напряжением 200/115 В стабилизированной частотой 400 Гц.

Генератор представляет собой восьмиполосную синхронную бесщеточную электромашину со встроенным трехфазным возбудителем переменного тока и блоком вращающихся выпрямителей. Скорость вращения генератора стабилизируется регулятором двигателя вспомогательной силовой установки.

Автономность работы генератора обеспечивается подвозбудителем, возбуждение которого выполнено от постоянного магнита. При вращении ротора генератора постоянный магнит подвозбудителя наводит в своих неподвижных обмотках статора напряжение часто той 800 Гц, которое через блок регулирования, защиты и управления поступает на обмотку возбуждения возбудителя. Создаваемый этой обмоткой магнитный поток наводит во вращающихся обмотках возбудителя напряжение переменного тока, которое через блок вращающихся выпрямителей подается на вращающуюся обмотку возбуждения генератора. В трехфазных неподвижных обмотках статора генератора наводится основное напряжение переменного трехфазного тока.

Генератор снабжен встроенным расцепителем, который отсоединяет генератор от привода при разрушении подшипников генератора.

Охлаждение генератора производится воздухом, отбираемым от вентилятора ВСУ.

Основные данные:

Мощность, кВт·А:	
номинальная	40
перегрузочная в течение 5 мин	60 (ток 165А)

Окончание табл. со стр. 25

перегрузочная в течение 5с	80 (ток 220А)
Номинальный ток нагрузки, А	110
Напряжение фазное, В	115 – 120
Частота, Гц	400 ± 8
Число фаз	3
Частота вращения, об/мин	8000

Трехфазный статический преобразователь ПТС-1600 предназначен для преобразования постоянного тока напряжением 27 В в переменный трехфазный ток напряжением 200/115 В стабилизированной частотой 400 Гц.

Преобразователь выполнен на полупроводниковых приборах.

Левый преобразователь установлен в передней верхней кабине сменного экипажа между шп. 38-39 по левому борту, правый - симметрично ему по правому борту.

Основные данные:

Выходная мощность, В·А	1600
Напряжение питания постоянного тока, В:	
нормальное	24,0-29,4
допустимое	18,0-31,0
Потребляемый ток, А:	
при нормальном напряжении питания	95
при минимальном напряжении питания	110
Выходное напряжение переменного тока, В:	
при нормальном напряжении питания	116,4-123,6
при допустимом напряжении питания	108-126
Частота выходного напряжения, Гц	392-408

Блок регулирования, защиты и управления БРЗУ115 В обеспечивает регулирование фазного напряжения генераторов ГТ60НЖЧ12Л или ГТ40ПЧ8Б в пределах 115-120 В, защиту и управление указанными генераторами.

Блок обеспечивает следующие функции управления:

а) включение возбуждения генератора при одновременном выполнении следующих условий:

- выключатель генератора включен;
- частота напряжения переменного тока - в пределах 380-420 Гц.

б) отключение возбуждения генератора при появлении одного из условий:

- отключен выключатель генератора;
- сработала любая из необратимых защит;
- сработала обратимая защита от сильного снижения частоты.

в) выдачу сигнала на включение контактора генератора при выполнении следующих условий:

- включено возбуждение генератора;
- напряжение генератора - в пределах 108-129 В;
- в канале электроснабжения нет неисправности, обнаруживаемой системой встроенного контроля.

г) снятие сигнала включения контактора генератора при появлении одного из условий:

- отключен выключатель генератора;
- отключено возбуждение генератора одной из защит.

д) выдачу сигнала на расцепление привода от двигателя при срабатывании защиты от сильно повышенной частоты (более 465-480 Гц).

Блок обеспечивает следующие виды защиты:

а) от короткого замыкания в генераторе или его силовой электропроводке;

б) от повышения напряжения любой фазы более 129 В с обратно-зависимой от перенапряжения выдержкой времени;

в) от снижения напряжения любой фазы менее 101 В с выдержкой времени ($6\pm 0,9$)с;

г) от изменения частоты за пределы 370-430 Гц с выдержкой времени ($6\pm 0,9$)с;

д) от повышения частоты более 480 Гц без выдержки времени;

е) от понижения частоты менее 320 Гц без выдержки времени;

ж) от работы при полностью открытом регуляторе напряжения;

з) от повышения напряжения нулевой последовательности более 4,5В с выдержкой времени ($6\pm 0,9$)с.

Защита по пп. а-д, ж, з - необратимого действия. Снятие блокировки сработавшей защиты происходит при отключении выключателя генератора.

Блок обеспечивает следующие функции по контролю за состоянием канала электроснабжения:

а) проверку качества электроэнергии генератора до подключения его на бортовую;

б) проверку функционирования защиты канала электроснабжения;

в) проверку исправности:

–привода постоянной скорости;

–силовой электропроводки генератора;

–БРЗУ.

Все шесть блоков (четыре - для основных генераторов и два - для генераторов ВСУ) расположены в передней верхней кабине сменного экипажа между шп. 38-39 по левому и правому бортам для левых и правых генераторов, блоки установлены на специальных монтажных рамах и фиксируются на них накладными гайками.

Блоки трансформаторов тока БТТ-60БТ и БТТ-40БТ являются датчиками дифференциальной защиты и предназначены для защиты от короткого замыкания основных генераторов и генераторов ВСУ.

В основу дифференциальной защиты каждого канала генерирования положен принцип компенсации вторичных напряжений двух встреч но включенных трансформаторов тока, расположенных по краям зоны защиты, охватывающей минусовую цепь генератора и силовые вводы распределительных устройств.

Блоки БТТ-60БТ и БТТ-40БТ отличаются параметрами и конструкцией.

Блоки расположены в левом и правом ЦРУ 200/115 В (для основных генераторов), а также в левом и правом РУ 200/115 В ВСУ (для генераторов ВСУ).

Основные данные:

Ток нагрузки, А:	
БТТ-60БТ	167
БТТ-40БТ	111
Напряжение переменного тока вторичной обмотки трансформатора при номинальной нагрузке генератора, В	3,3-4,9
Напряжение постоянного тока при номинальной нагрузке генератора, В	1,2-2,1

Автомат переключения шин АПШ-3М предназначен для автоматического переключения шин потребителей переменного трехфазного тока с основной на резервную цепь питания при понижении одного, двух или трех линейных напряжении контролируемой линии. Автомат применяется в электросистемах переменного трехфазного тока напряжением 36 В и 200 В частотой 400 Гц.

Основные данные:

Напряжение питания постоянного тока, В	24 -29,4
Потребляемый ток, А	0,1
Среднее контролируемое линейное напряжение, В:	
- в системе 36 В	32,4- 37,8
- в системе 200 В	187 -207
Среднее линейное напряжение срабатывания, В:	
- в системе 36 В	23,5- 31,5
- в системе 200 В	130 -170
Время срабатывания, с	0,15- 0,4

Функционирование системы электроснабжения 200/115 В 400 Гц . Переключение шин.

Распределительная сеть системы электроснабжения переменного тока 200/115 В 400 Гц приведена на рис. 6.

При нормальной работе генераторов Г1, Г2, Г3, Г4 по сигналам от блоков БРЗУ 115 В каждый генератор подключается к своей шине (соответственно Г1, Г2, Г3, Г4) ЦРУ 200/115 В. Генераторы работают раздельно, образуя четыре независимых канала генерирования.

В каждом ЦРУ 200/115 В, кроме шин генераторов, имеются еще шины САУ (системы автоматического управления) и ВСУ. При нормальной работе системы шина САУ и шина левой ВСУ, расположенные в левом ЦРУ 200/115 В, подключены к шине Г2, Аналогичные шины правого ЦРУ 200/115 В подключены к шине Г3.

Напряжение на шинах ВСУ контролируется автоматами переключения шин АПШ-3М, которые в случае понижения напряжения или полного обесточивания основных цепей питания шин ВСУ обеспечивают переключение шины левой ВСУ с шины Г2 на шину Г4, а шины правой ВСУ с шины Г3 на шину Г1 (см. рис. 5).

Установлены АПШ-3М в соответствующих распределительных устройствах систем электроснабжения 200/115 В и 36 В частотой 400 Гц.

Шины САУ обеспечивают оборудование САУ синфазным питанием по сетям 200/115 В и 36 В. При отказе в системе электроснабжения 36 В трансформатора Тр2 (ТС350С04А) левая шина САУ, питающая этот трансформатор, переключается на питание от шины Г3 правого ЦРУ 200/115 В. В этом случае система САУ по сети 36 В питается через трансформатор Тр3, подключенный к правой шине САУ. Поскольку и правая шина САУ также подключена к шине Г3, то сохраняется синфазное питание оборудования САУ по цепям 200/115 В и 36 В. Аналогичным образом переключается питание правой шины САУ при отказе трансформатора Тр3 (ТС350С04А).

При отказе генератора Г1 или Г2 или при неисправности фидеров этих генераторов соответствующий блок БРЗУ 115 В отключает Г1 или Г2 от своих шин ЦРУ 200/115 В. При этом шина отказавшего генератора переключается на питание от шины работавшего генератора левого ЦРУ 200/115 В. Аналогичным образом резервируется питание шин генераторов Г3 и Г4 при отказе генератора Г3 или Г4.

При отказе двух генераторов Г1 и Г2 шины левого борта (при включенном выключателе резервирования бортов) обеспечиваются питанием от генератора Г3, а шины правого борта - от генератора Г4. Аналогичным образом при отказе двух генераторов Г3 и Г4 генератор Г2 переключается на шины Г3 и Г4, а шины Г1 и Г2 питаются от генератора Г1.

Аналогичным образом при отказе двух генераторов Г3 и Г4 генератор Г2 переключается на шины Г3 и Г4, а шины Г1 и Г2 обеспечиваются питанием от генератора Г1.

В кабине экипажа для питания потребителей переменного тока установлены два распределительных устройства - левое РУ 200/115 В и правое РУ 200/115 В и 36 В.

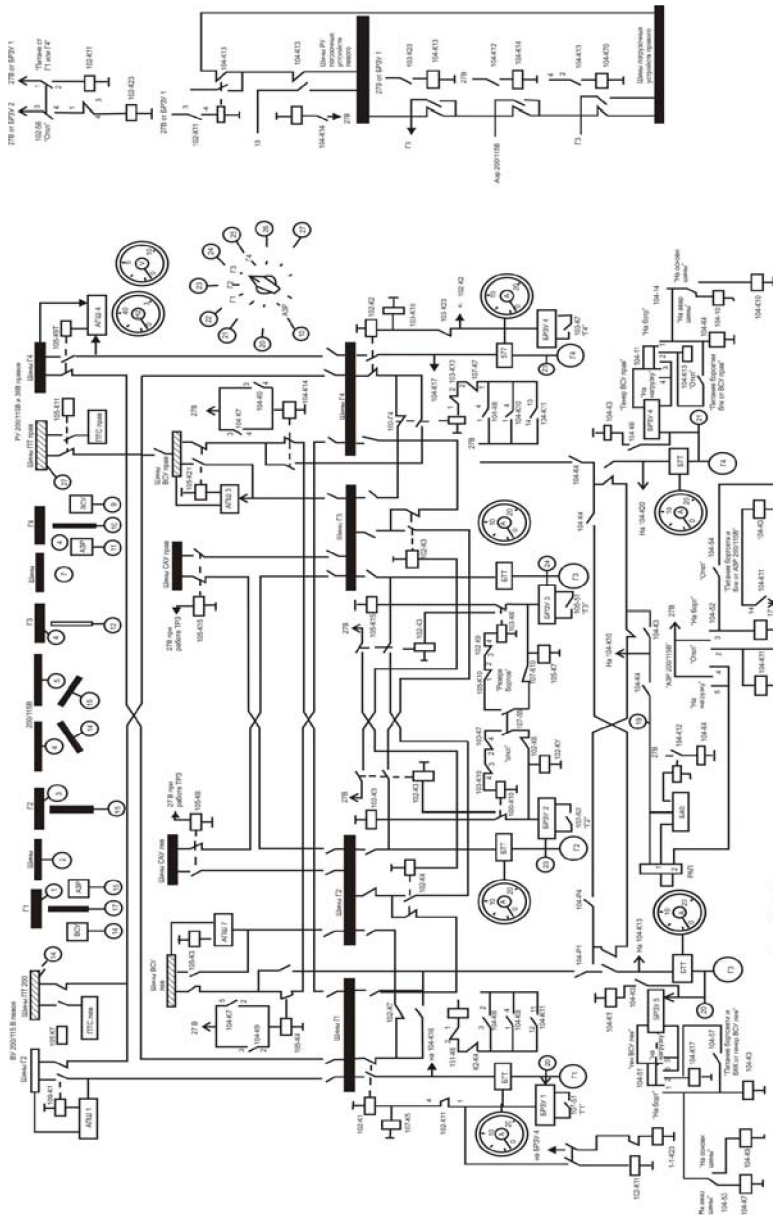


Рис. 5. Функциональная схема системы 200/115 В

В нормальном режиме основные шины 200/115 В этих РУ подключены к шинам Г1 и Г4 соответственно. Резервное питание этих шин - от шин Г4 и Г1 противоположного борта. Аварийные шины 200/115 В ПТ этих РУ в нормальном режиме подключены к шинам ВСУ своего борта.

При отключении питания соответствующей шины ВСУ аварийная шина 200/115 В ПТ подключается к статическому преобразователю ПТС-1600 (см. рис. 5).

Аэродромный источник трехфазного переменного тока напряжением 200/115 В частотой 400 Гц подключается к бортсети через разъем РАП. Правильность чередования фаз аэродромного источника контролируется блоком чередования фаз БЧФ. На бортсеть аэродромный источник подключается на ШИНЫ Г1 и Г4 и далее - на шины Г2 и Г3.

При автономном обслуживании самолета на бортсеть может быть подключен любой один (Г5 или Г6) или оба генератора ВСУ (Г5 и Г6)

При подключении генератора Г5 на основные шины напряжение 200/115 В поступает сначала на шины Г1 и Г4, а затем на шины Г2 и Г3. Аналогично при включении только генератора Г6. При подключении на основные шины обоих генераторов Г5 и Г6 каждый из них подключается к своему борту (Г5 - на шины Г1 и Г2 левого ЦРУ 200/115 В, а Г6 - на шины Г3 и Г4 правого ЦРУ 200/115 В).

В полете генераторы ВСУ при отказе всех или части основных генераторов также могут быть подключены на бортсеть. При этом, если они не могут быть подключены на основные шины (например, при коротком замыкании на этих шинах), имеется возможность подключения этих генераторов непосредственно на аварийные шины ВСУ, минуя основную сеть.

Варианты электропитания шин в ЦРУ 200/115 В при включенных различных источниках питания приведены в таблице 2.

Погрузочно-разгрузочные работы выполняются при питании шин распределительных устройств (РУ) погрузочных устройств от аэродромного источника 200/115 В, от генераторов ВСУ или от генератора Г1 или Г4.

При питании от аэродромного источника 200/115 В переключатель «Аэр 200/115В» устанавливается в положение «На

погрузку», при этом аэродромный источник подключается на шины правого и левого РУ погрузочных устройств.

При питании от генератора ВСУ (например, Г5) переключатель генератора ВСУ устанавливается в положение «На погрузку». Генератор подключается на шины левого и правого РУ погрузочных устройств. Если на погрузку будет включен и генератор Г6, то генератор Г5 подключается на РУ левого погрузочного устройства, а генератор Г6 - на РУ правого погрузочного устройства.

При питании от генератора Г1 или Г4 выключатель «Пит.погрузки от Г1 или Г4» устанавливается в верхнее положение. Если были включены генераторы Г1 и Г4, то генератор Г1 отключится от борт сети и подключится на шины РУ погрузочных устройств. Если был включен только генератор Г4, то он отключится от бортсети и подключится на шины РУ погрузочных устройств.

Для одновременного подключения аэродромного источника питания или генераторов ВСУ на бортсеть и РУ погрузочных устройств необходимо включить переключатель «Аэр. 200/115 В» в положение «На борт» или выключателя генераторов ВСУ в положение «На борт» и включить выключатель «От Аэр. 200/ 115 В» на щитке «Питание борт сети и БНК» или там же включить выключатели «От генератора ВСУ лев.» и «От генератора ВСУ прав.». При этом обязательно выключить АЗК следующих систем: АИСУ, ИКВСП, САУ, СТБ, АОК, САЗ РВ, САЗ элеронов, СКШ, управление закрылками, предкрылками, интерцепторами.

Таблица 2. Питание шин ЦРУ 200/115 В от источника

Включен источник	Питание шин ЦРУ 200/115 В от источника					
	Г1	Г2	Г3	Г4	ВСУ лев.	ВСУ прав.
АЭР	АЭР	АЭР	АЭР	АЭР	АЭР	АЭР
АЭР + Г5	Г5	Г5	АЭР	АЭР	Г5	АЭР
АЭР + Г6	Г6	Г6	Г6	Г6	Г6	Г6
АЭР + Г5 + Г6	Г5	Г5	Г6	Г6	Г5	Г6
АЭР + Г1	Г1	Г1	АЭР	АЭР	Г1	АЭР
АЭР + Г2	Г2	Г2	АЭР	АЭР	Г2	АЭР

Окончание табл. 2

АЭР + Г3	АЭР	АЭР	Г3	Г3	АЭР	Г3
АЭР + Г4	АЭР	АЭР	Г4	Г4	АЭР	Г4
Г5 + Г6 на основные шины	Г5	Г5	Г6	Г6	Г5	Г5
Г5 + Г6 на аварийные шины	-	-	-	-	Г5	Г6
Г1 + Г5 + Г6	Г1	Г1	Г5	Г6	-	Г6
Г2 + Г5 + Г6	Г2	Г2	Г6	Г6	Г2	Г6
Г3 + Г5 + Г6	Г5	Г5	Г3	Г3	Г5	Г3
Г4 + Г5 + Г6	Г5	Г5	Г4	Г4	Г5	Г4
Г1	Г1	Г1	-	-	Г1	Г1
Г2	Г2	Г2	-	-	Г2	Г2
Г3	-	-	Г3	Г3	Г3	Г3
Г4	-	-	Г4	Г4	Г4	Г4
Г1 + Г2	Г1	Г1	Г2	Г2	Г1	Г2
Г1 + Г4	Г1	Г1	Г4	Г4	Г1	Г4
Г2 + Г3	Г2	Г2	Г3	Г3	Г2	Г3
Г3 + Г4	Г3	Г3	Г4	Г4	Г3	Г4
Г1 + Г2 + Г3	Г1	Г2	Г3	Г3	Г2	Г3
Г2 + Г4	Г2	Г2	Г4	Г4	Г2	Г4
Г1 + Г3 + Г4	Г1	Г1	Г3	Г4	Г1	Г3
Г2 + Г3 + Г4	Г2	Г2	Г3	Г4	Г2	Г3
Г1 + Г2 + Г3 + Г4	Г1	Г2	Г3	Г4	Г2	Г3
Г1 + Г2 + Г5 + Г6	Г1	Г1	Г2	Г6	Г1	Г2
Г3 + Г4 + Г5 + Г6	Г5	Г3	Г4	Г4	Г3	Г4

Кроме погрузочного комплекса, разрешается включить бытовое оборудование и освещение. Другие потребители во избежание выхода из строя включать запрещается.

Мнемосигнализация системы. Мнемосигнализация щитка электроснабжения даст наглядное представление о работе системы при различных вариантах питания бортсети 200/115 В (см. рис. 6).

Условия загорания элементов мнемосигнализации следующие:
1,3,6,8 - на шинах имеется напряжение; 17,15, 12, 10 - сработал контактор и подключен соответствующий генератор на бортовую сеть (Г1, Г2, Г3, Г4); 18, 9 - соответствующий борту питается от генератора ВСУ; 16, 11 - соответствующий борту питается от аэродромного источника питания; 2 - шина Г1 питается от шины Г2 и наоборот; 7 - шина Г3 питается от шины Г4 и наоборот; 14, 5 - генератор Г2 отключился от своего борту и питает правый борту; 13, 1 - генератор Г3 отключился от своего борту и питает левый борту.

Органы управления и индикации

Органы управления и индикации показаны на рис. 5. функциональное назначение органов управления и индикации:

1. Переключатель «Аэр 200/115 В» с положениями:

а) «На борту»:

- подключение аэродромного источника 200/115 В (АЭР) на всю бортовую сеть, если отключены основные генераторы и генераторы ВСУ;

- подключение АЭР на левый борту, если включен Г3 или Г4, или генератор левого двигателя ВСУ включен на основные шины;

- подключение АЭР на правый борту, если включен Г1 или Г2;

- подключение АЭР в резерв, если включен на основные шины генератор правого двигателя ВСУ или включены на бортовую сеть любые два основных генератора и включен выключатель «Резервирование бортов».

б) «Откл.»:

-отключение аэродромного источника 200/115 В.

в) «На погрузку»:

-подключение АЭР на шины РУ погрузочных устройств.

2. Светосигнальное табло «Аэр 200/115 В» - сигнализация включения аэродромного источника 200/115 В.

3. Переключатели «Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.») с положениями:

а) «На борту», при этом переключатель шин установлен в положение «На основ.шины»:

- подключение генератора ВСУ левого (правого) на всю бортовую сеть, если отключен другой генератор ВСУ или отключены все основные генераторы и отключен АЭР (последнее условие только при включении левого генератора ВСУ);

- подключение генератора ВСУ на левый (правый) борт, если включены оба генератора ВСУ и отключены все основные генераторы или если включен хотя бы один из основных генераторов, или включен АЭР (только при включении левого генератора ВСУ);

- подключение генератора ВСУ в резерв, если включены два основных генератора по одному на каждом борту;

- подключение генератора ВСУ на шину Г1(Г4), если отключены Г1 и Г2 (Г3 и Г4).

При отключенных Г1 и Г2 левый генератор ВСУ будет питать шину Г1, генератор Г3 - шину Г2, а генератор Г4 - шины Г3 и ГЛ.

При отключенных Г3 и Г4 правый генератор ВСУ будет питать шину Г4, генератор Г2 - шину Г3, а генератор Г1 - шины Г1 и Г2.

б) «На борт», но переключатель шин установлен в положение «На авар. шины»:

- подключение генератора ВСУ на все аварийные шины ВСУ, если отключен другой генератор ВСУ, независимо от работы основных генераторов;

- подключение генератора ВСУ на свои аварийные шины ВСУ (левые или правые), если включены оба генератора ВСУ, независимо от работы основных генераторов.

в) «Откл.» - отключение генераторов ВСУ.

г) «На погрузку» - подключение генератора ВСУ на шины РУ погрузочных устройств левые (правые) или на левые и правые, если второй генератор ВСУ не включен на погрузку.

4. Переключатели шин с положениями:

а) «На основ. шины» - подключение генератора ВСУ (если переключатель «Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.») установлен в положение «На борт») на основные шины.

б) «На авар.шина» - подключение генератора ВСУ (если переключатель «Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.») установлен в положение «На борт») на аварийные шины.

5. Светосигнальные табло «Генер. ВСУ лев.вкл.», «Генер.ВСУ прав.вкл.» - сигнализация включения генератора ВСУ.

6. Переключатель «Ток генер. ВСУ»с положениями»А», «В», «С» - измерение тока генератора ВСУ в одной из фаз А, В или С.

7. Выключатель (закрыт колпачком) с положениями:

а) «Пит.погрузки от Г1 или Г4» - питание погрузочных устройств от Г1 или Г4, если включен только Г1 или Г4. Если включены оба генератора Г1 и Г4, то погрузочные устройства будут питаться от Г1.

б) «Откл.»- отключение Г1 (Г4) от шин погрузочных устройств.

Выключатели «Г1», «Г2», «Г3», «Г4» - включение автоматического встроенного контроля канала основного генератора (на время до 3с), затем - автоматическое подключение генератора на бортсеть или на шины погрузочных устройств - для Г1 или Г4 (см. п. 7а).

9. Светосигнальные табло «Г1 откл.», «Г2 откл.», «Г3 откл.», «Г4 откл.» - сигнализация отключения генератора.

10. Светосигнальное табло «Пред. t масла» для каждого основного привода-генератора ГП-23 - сигнализация критического повышения температура масла в приводе - генераторе (до $190\pm 5^{\circ}\text{C}$).

11. Светосигнальное табло «Нет давл. масла» для каждого основного привода-генератора ГП-23 - сигнализация критического понижения давления масла в ГП-23 (менее 7 кгс/см).

12. Кнопки «Авар.рассоед. приводов»: «Привод Г1», «Привод Г2», «Привод Г3», «Привод Г4» (закрыты колпачками, законтрены и опломбированы) - принудительное рассоединение механической передачи от двигателя к приводу ГП-23 (держат в нажатом положении не более 3с).

13. Выключатель «Резерв. бортов» - подготовка автоматического резервирования шин Г1 и Г2 или Г3 и Г4 от работающего Г3 или Г2 (при отказе двух генераторов на одном борту).

14. Переключатели «ПТ лев.» («ПТ прав.»), закрытые колпачками, с положениями:

а) «Автом.» - включение левого (правого) преобразователя ПТС-1600 в работу; в дальнейшем при отказе основного питания левой (правой) аварийной шины ПТ преобразователь автоматически подключается к этой шине.

б) «Откл.» - отключение преобразователя ПТС-1600.

в) «Ручное» - включение левого (правого) ПТС-1600 и подключение его на левую (правую) шину ПТ независимо от работы других источников 200/115 В.

15. Светосигнальные табло «ПТ лев.вкл.» «ПТ прав.вкл.» - сигнализация включения левого и правого ПТС-1600.

16. Переключатели «Частота и Напряжение 115 В» - подключение частотомера в вольтметра 115 В для измерения параметров электроэнергии:

а) переключатель фаз с положениями «А», «В», «С» - измерение частоты и напряжения в фазах А, В, С;

б) переключатель точки измерения с положениями:

- «Аэр» - на выходе аэродромного источника 200/115 В;

- «Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.») - на выходе генератора левого (правого) ВСУ;

- «Г1», «Г2», «Г3», «Г4» - на выходе Г1, Г2, Г3, Г4;

- «Авар.лев.» («Авар.прав.») - на левой (правой) аварийной шине ПТ;

- «ПТ лев.» ,»ПТ прав.») - на выходе левого (правого) ПТС-1600 при работе их на холостом ходу.

17. Переключатель «Ток Г1-Г4» с положениями «А», «В», «С» - подключение амперметра генератора для измерения тока в фазах А, В, С.

18. Переключатель «Поиск неисправ.» с положениями «Генер. ВСУ лев.», «Генер. ВСУ прав.», «Г1», «Г2», «Г3», «Г4» - определение при встроенном контроле неисправного привода основного генератора (загорается табло «Привод»), силовой электропроводки канала (загорается табло «Генер. Фидер»), блока автоматического управления (загорается табло «БРЗУ») соответствующего источника. В положении «Откл.» отключается поиск неисправностей».

19. Кнопка «Контроль ламп шин» - контроль ламп подсвета мнемосигнализации шин.

20. Выключатели «Питание бортсети к БПК» с положениями:

а) «От генер. ВСУ лев. - Откл.» - питание бортсети и БПК от левого генератора ВСУ;

б) «От генер. ВСУ прав. - Откл.» - питание бортсети к БПК от правого генератора ВСУ;

в) «От аэр. 200/ 115 В - Откл.» - питание бортсети и БПК от аэродромного источника 200/115 В, если переключатели «Генер. ВСУ лев.», «Генер. ВСУ прав.», «Аэр 200/115 В» соответственно установлены в положение «На борт» или «На погрузку».

21. Светосигнальное табло «Перем.ток - Проверь» - сигнализация отключения одного или нескольких основных источников переменного тока 200/115 В или 36 В.

Табло загорается при появлении сигнала:

- а) отключения Г1 (Г2, Г3, Г4);
- б) снижения давления масла в любом приводе-генераторе ГП-23;
- в) предельной температуры масла в любом ГП-23;
- г) отключения Тр1 (Тр2, Тр3, Тр4) системы 36 В.

Это табло также загорается по команде БАСК-124 при отклонении напряжения фаз или частоты генераторов за допустимые пределы. Табло «Перем.ток. - Проверь» отключается при подключении на бортсеть аэродромного источника 200/115 В.

22. Табло «ПТ - Включи» - сигнализация отключенного положения переключателя левого или правого ПТ (ПТС-1600) при наличии на аварийных шинах 200/115 В напряжения любого из бортовых генераторов. При подключенном на бортсеть аэродромном источнике 200/115 В табло «ПТ-Включи» отключается.

Система электроснабжения 36 В 400 Гц

Общие сведения.

Система электроснабжения переменного трехфазного тока напряжением 36 В частотой 400 Гц обеспечивает:

- основное питание бортового оборудования с двойным запасом по мощности от четырех понижающих трансформаторов;
- резервное питание части оборудования от двух понижающих трансформаторов, питаемых от генераторов ВСУ;
- аварийное питание части оборудования от двух понижающих трансформаторов, питаемых от преобразователей 200/115 В.

В состав системы входят:

- четыре понижающих трансформатора ТС310С04Б (Тр1, Тр4, Тр5, Тр6);
- два понижающих трансформатора ТС350С04А (Тр2, Тр3);
- четыре автомата переключения шин АПШ-3М (по 2 шт. в левом и правом РУ 36 В);
- РУ 36 В левое (кабина экипажа);
- РУ 200/115 В и 36 В правое (кабина экипажа).

Трансформаторы Тр1, Тр4, Тр2, Тр3 являются основными источниками 36 В. Трансформаторы Тр6 и Тр6 обеспечивают

питание аварийных потребителей 36 В при отказе трансформаторов Тр2 и Тр3.

Автоматы переключения шин АПШ-3М обеспечивают автоматическое переключение шин 36 В на резервный источник питания 36 В.

Система выполнена таким образом, что нормально работают все шесть трансформаторов, однако трансформаторы Тр5 и Тр6 при этом находятся в резерве.

Основные тактико-технические данные трансформаторов и АПШ-3М'

Таблица 3. Трансформаторы ТС310С04Б в ТС350С04А

Наименование параметра	ТС310С04Б	ТС350С04А
Линейное напряжение первичной обмотки, В	190-210	190-210
Линейное напряжение вторичной обмотки, В	36±2	36±2
Частота, Гц	400±8	400±8
Число фаз	3	3
Мощность, В·А	1000	5000
Коэффициент мощности	0,6	0,6

Автомат переключения шин АПШ-3М

Напряжение питания постоянным током, В.....27±2,7

Напряжение питания переменным током, В.....32,4 - 37,8

Напряжение срабатывания, В.....31,5 - 23,5

Время срабатывания, с.....0,15 - 0,4

Функциональная схема системы 36 В 400 Гц приведена на рис.6.

Питание шин осуществляется следующим образом:

1. Шина Тр1: нормальное питание - от трансформатора Тр1 (включается контактор К23), резервное питание - от шины Тр2 (отключается - контактор К23).

2. Шина Тр2: нормальное питание - от трансформатора Тр2 (включается контактор К2), резервное питание - от шины Тр3 (отключается контактор К2).

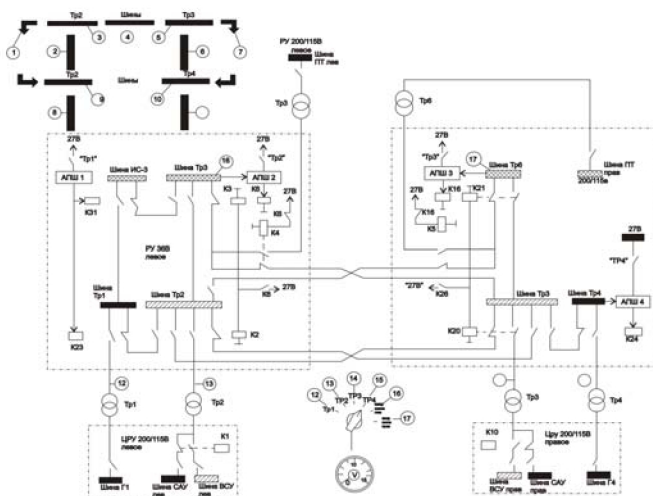


Рис. 6. Функциональная схема системы 36 В 400 Гц

3. Шина Tr3: нормальное питание - от трансформатора Tr3 (включается контактор K20), резервное питание - от шины Tr2 (отключается контактор K20).

4. Шина Tr4: нормальное питание - от трансформатора Tr4 (включается контактор K24), резервное питание - от шины Tr3 отключается контактор K24).

5. Шина Tr3: нормальное питание - от шины Tr2- включается контактор K3) , резервное питание - от шины Tr3 отключается контактор K3) , аварийное питание - от трансформатора Tr5 (включается контактор K4)

6. Шина Tr6: нормальное питание - от шины Tr3 (включается контактор K21), резервное питание — от шины Tr2 (отключается контактор K21), аварийное питание - от трансформатора Tr6 (включается контактор K5).

7. Шина ИС-3: нормальное питание - от шины Tr1 (включается контактор K31), резервное питание - от шины Tr5 (отключается контактор K31).

Управление резервированием шин осуществляется автоматами переключения как АПШ1 - АПШ4.

При подключении генераторов ВСУ на аварийные шины 200/115 В срабатывают контакторы К1 и К19, которые переключают питание трансформаторов Тр2 и Тр3 на эти шины.

Мнемосигнализация системы

Мнемосигнализация щитка электроснабжения дает наглядное представление о работе системы при различных сочетаниях работы источников 36 В.

Условия загорания элементов мнемосигнализации следующие "по рядковый номер элемента мнемосигнализации на рис.3.1 соответствует порядковому номеру ниже):

- 1 - отключен трансформатор Тр1 и имеется напряжение на шине Тр2;
- 2 - включен трансформатор Тр2;
- 3 - имеется напряжение на шине Тр2;
- 4 - отключен Тр2 и имеется напряжение на шине Тр3 или отключен Тр3 и имеется напряжение на шине Тр2;
- 5 - имеется напряжение на шине Тр3;
- 6 - включен трансформатор Тр3;
- 7 - отключен трансформатор Тр4 и имеется напряжение на шине Тр3;
- 8 - включен трансформатор Тр1;
- 9 - имеется напряжение на шине Тр1;
- 10 - имеется напряжение на шине Тр4;
- 11- включен трансформатор Тр4.

Органы управления и индикации (см. рис. 4)

1. Выключатели «Тр1», «Тр2», «Тр3», «Тр4» - включение трансформаторов Тр1, Тр2, Тр3, Тр4.
2. Табло «Тр1 откл.», «Тр2 откл.», «Тр3 откл.», «Тр4 откл.» - сигнализация отключения Тр1, Тр2, Тр3, Тр4.
3. Переключатель «Напряжение 36 В» с положениями: «Тр1», «Тр2», «Тр3», «Тр4», «Авар, шина лев.», «Авар.шина прав» - подключение вольтметра 36 В для измерения напряжения соответственно на выходе Тр1, Тр2, Тр3, Тр4, на левой (правой) аварийной шине 36 В.

4. Переключатель «Напряжение 36 В» с положениями: «АВ», «ВС», «СА» - измерение напряжения между фазами А и В, В и С и С и А в каждом положении переключателя, указанном в п.3.

Система электроснабжения 27 В

Общие положения.

Система электроснабжения постоянного тока напряжением 27 В обеспечивает:

– основное питание всего бортового оборудования с двойным запасом по мощности от выпрямительных устройств;

– резервное питание в полете всего оборудования от двух выпрямительных устройств, питаемых генераторами ВСУ;

– аварийное питание части оборудования от аккумуляторных батарей;

– подключение» на бортовую сеть аэродромного источника напряжением 27 В (используется только для запуска ВСУ и питания шин на земного обслуживания).

В состав системы входят:

– четыре нерегулируемых выпрямительных устройства 6У-6Б (тех отсеки);

– четыре аккумуляторные батареи 20НКБН-40-УЗ (по 2 шт. в левом и правом обтекателях шасси) или 20НКБН-40Д, 20FP38Н1СТ2-R;

– четыре дифференциально-минимальных реле ДМР-200ВУ (в ЦРУ 27 В);

– разъем аэродромного питания ШРАП-500К (правый обтекатель шасси);

– ЦРУ 27 В левое (техотсек);

– ЦРУ 27 В правое (техотсек);

– РУ 27 В левое (кабина экипажа);

– РУ 27 В правое (кабина экипажа);

– РУ 27 В левого обтекателя (шп. 63-63);

– РУ 27 В правого обтекателя (шп. 68-69);

– РУ 27 В левое кабины обслуживающего персонала (шп. 89-90);

– РУ 27 В правое кабины обслуживающего персонала (шп. 89-90).

Назначение и тактико-технические данные источников электроэнергии 27 В и аппаратуры, работающей с ними

Выпрямительное устройство ВУ-6Б предназначено для преобразования переменного трехфазного тока напряжением 200 В частотой 400 Гц в постоянный ток напряжением 27 В.

Устройство выполнено в виде цилиндра, закрытого с двух сторон кольцевыми щитами. На переднем щите расположен асинхронный электродвигатель для принудительного охлаждения устройства, конденсаторы и дроссели. Снаружи щита расположены клеммная колодка и разъем для подключения устройства к бортсети. На заднем щите расположен силовой понижающий трансформатор.

Диоды установлены на тепловодах, расположенных между щитами.

Передний и задний щиты закрыты крышками, в которых имеются сетки для прохода охлаждающего воздуха. Схема ВУ-6Б приведена на рис. 7.

Дифференциально-минимальное реле ДМР-200ВУ предназначено для управления выпрямительным устройством мощностью 6 кВт, ДМР обеспечивает:

- дистанционное включение и отключение выпрямительного устройства;
- автоматическое отключение от бортсети выпрямительного устройства при протекании через ДМР обратного тока, вызванного неисправностью устройства или повреждением силовой электропроводки.

ДМР представляет собой аппарат, состоящий из контактора и двух поляризованных реле, образующих единую конструкцию. ДМР расположены в левом и правом ЦРУ 27 В.

Аккумуляторная батарея 20НКБН-40-УЗ является электрохимическим источником электроэнергии постоянного тока, в котором электрическая энергия при заряде превращается в химическую, а химическая энергия при разряде - в электрическую.

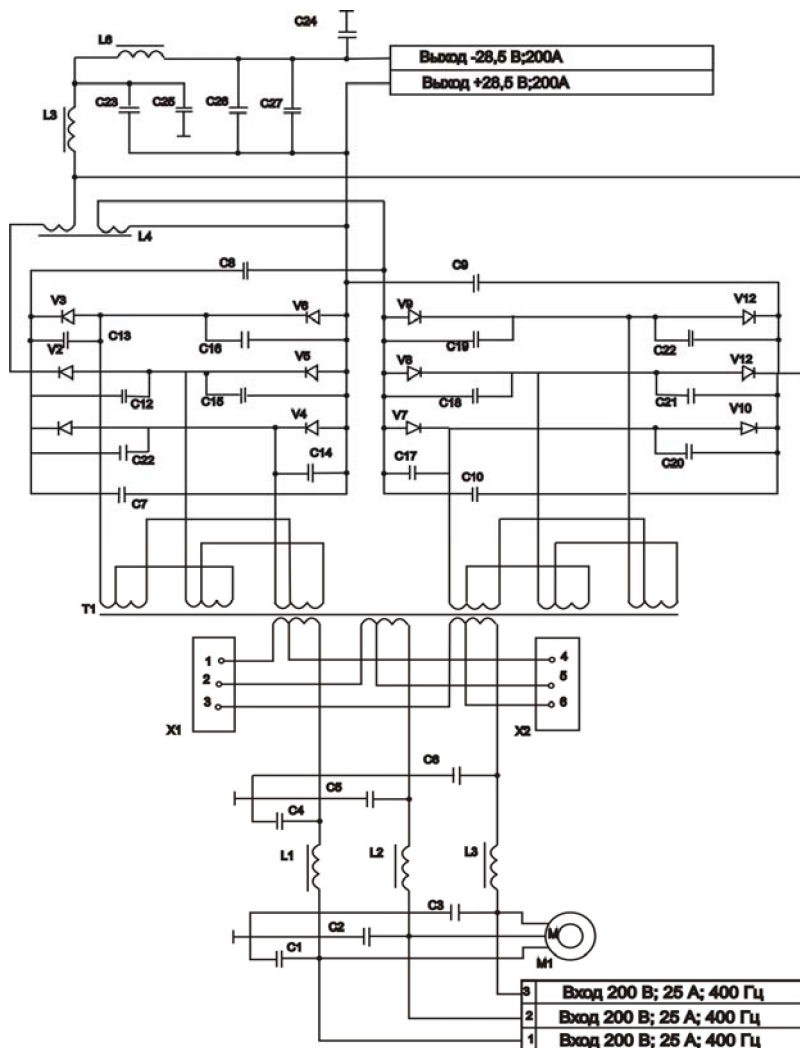


Рис. 7. Принципиальная схема выпрямительного устройства ВУ-6Б

Основные данные:

Входные параметры:	
фазное напряжение переменного трехфазного тока, В	113-119
частота переменного тока, Гц	380
потребляемый ток, А	не более 20
Выходные параметры:	
номинальное напряжение постоянного тока, В	28,5
номинальный ток нагрузки, А	200
напряжение холостого хода, В	не более 31
диапазон изменения выходного напряжения при изменении входного напряжения от 113 до 119 В, частоты от 380 до 420 Гц и нагрузки от 20 -до 200 А, В	25,4-29,4
Перегрузочная способность, А:	
до 5 мин	300
до 5с	400

Основные данные:

Напряжение питания, В	24-30
Ток нагрузки, А	200
Напряжение срабатывания, В:	
- на включение при отсутствии напряжения в сети	24
- на включение при наличии напряжения в сети не менее 24В	0,2-1 (повышение напряжения включаемого источника над напряжением сети)
- на отключение	9,5
Обратный ток, при котором аппарат срабатывает на отключение, А	15-50

Шифр батареи означает:

20 - количество последовательно соединенных аккумуляторов;

НК - никель-кадмиевая система аккумуляторов;

БН - конструкция пластин - безламельные, намазные;

40 - номинальная емкость в ампер-часах при токе разряда 40А (напряжение уменьшается с 24 до 203);

УЗ - область применения - умеренный климат, категория 3 (работа в закрытых помещениях с естественной вентиляцией я температурой воздуха от +40 до -40°С).

Основные данные:

Емкость, А·ч:	
в течение первого года эксплуатации равна	40
в течение второго года эксплуатации	35
Напряжение:	
холостого хода	25
при нагрузке 40А в начале разряда	24
наименьшее допустимое при разряде	20
Напряжение подзаряда на самолете, В:	
допустимое	27,5-30,0
оптимальное	28,5-29,5
Температура электролита, С	от -5 до +50
Масса с электролитом, кг	36,5

Аккумуляторные батареи расположены в левом и правом обтекателях шасси, для чего в каждом обтекателе установлено по одному отсеку, в котором помещены две батареи (рис. 8).

Работоспособность батарей при отрицательных температурах наружного воздуха обеспечивается теплоизоляцией отсека, а также электрическим обогревом, для чего под каждой батареей установлена одна секция обогрева.

Датчик температуры, расположенный внутри отсека, совместно с измерительным прибором на щитке электроснабжения обеспечивает определение текущих значений температуры внутри отсека. Установленный на нагревательной пластине термовыключатель размыкает цепь питания нагревательного элемента при температуре наружного воздуха выше +35°С (рис. 9).

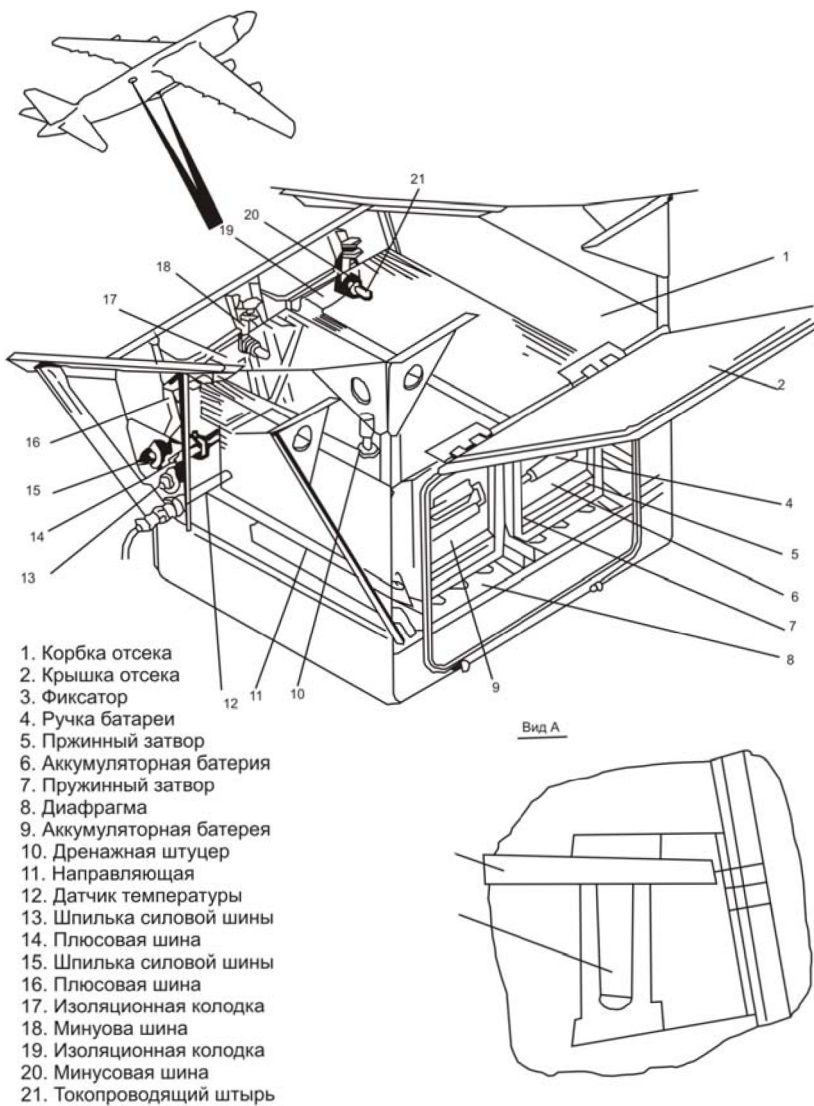
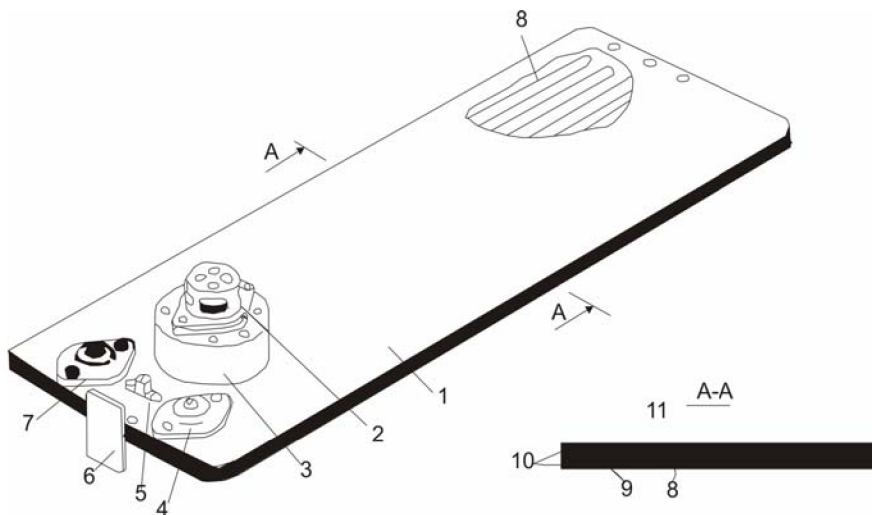


Рис. 8. Установка аккумуляторных батарей и их отсека в правом обтекателе шасси



1. Секция электрообогрева
2. Термовыключатель
3. Втулка термовыключателя
4. Фланец
5. Вывод заземления
6. Ручка
7. Фланец
8. Элемент электрообогрева
9. Пластика
10. Электроизоляционная прокладка
11. Пластина

Рис. 9. Секция электрообогрева аккумуляторной батареи

Выключатели «Обогрев Акк 1-2» и «Обогрев Акк 3-4» на щитке электроснабжения включаются на земле после подключения на бортсеть аэродромного источника питания, если температура наружного воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ и ниже, а также перед вылетом независимо от температуры наружного воздуха.

Функционирование системы

Функциональная схема системы электроснабжения 27 В приведена на рис. 10. Приведенным на схеме обозначениям соответствует: Акк1-Акк4 - аккумуляторные батареи 20НКБН-40-УЗ, которые являются аварийными источниками постоянного тока и обеспечивают автономный запуск ВСУ.

ВУ1-ВУ4 - выпрямительные устройства ВУ-6В, которые являются основными источниками постоянного тока;

ДМР1-ДМР4 - дифференциально-минимальные реле ДМР-200ВУ, обеспечивающие защиту бортсети при отказах выпрямительных устройств и дистанционное включение и отключение выпрямительных устройств; РАП - разъем ШРАП-500К, обеспечивающий подключение к бортсети аэродромного источника 27 В (используется только для запуска ВСУ).

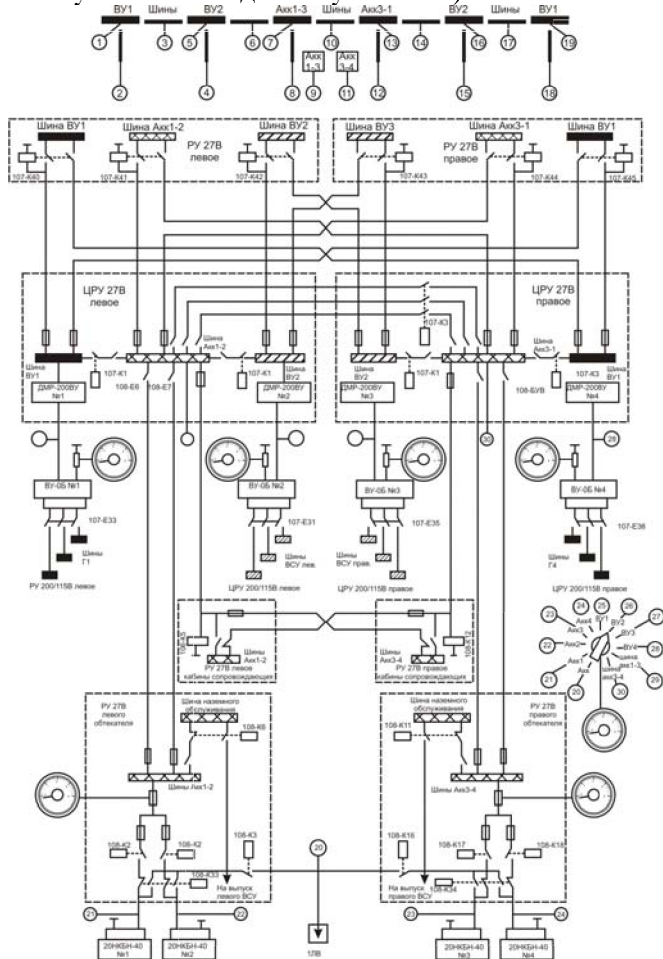


Рис. 10. Функциональная схема системы электроснабжения системы 27 В

Система выполнена таким образом, что источники при нормальной работе образуют две независимые подсистемы - левого и правого бортов, в каждую из которых входят по два выпрямительных устройства и две аккумуляторные батареи, работающие параллельно. Выпрямительные устройства подключаются к бортсети дифференциальными реле ДМР1-ДМР4, а аккумуляторные батареи - контакторами 108-К1, 105-К2, 108-К17, 108-К18. При нормальной работе системы контактор 107-К3 отключен, а контакторы 107-К1 и 107-К2, а также 107-К4 и 107-К5 сработаны и объединяют шины выпрямительных устройств с шинами аккумуляторных батарей.

При отказе одного из выпрямительных устройств, коротком замыкании на его фидере или других неисправностях в канале выпрямительного устройства соответствующее дифференциальное реле отключает неисправное ВУ от шины ЦРУ 27 В. При этом питание всех шин данного ЦРУ обеспечивается исправным выпрямительным устройством этого же борта.

При отказе двух выпрямительных устройств одного борта они отключаются от шин своего ЦРУ. Одновременно автоматически срабатывает контактор 107-К3, который объединяет шины левого и правого ЦРУ 27 В. При этом питание всех шин постоянного тока обеспечивается двумя исправными выпрямительными устройствами. Шины левого и правого РУ 27 В подключаются к шинам левого и правого ЦРУ 27 В с помощью переключающих контакторов 107-К40 – 107-К44. В нормальном режиме работы эти контакторы сработаны. При этом шины левого РУ 27 В подключаются к соответствующим шинам левого ЦРУ 27 В, а шины правого РУ 27 В - к соответствующим шинам правого ЦРУ 27 В. При обесточивании шины 371 левого ЦРУ 27 В контактор 107-К40 отпускает и переключает шину ВУ1 левого РУ 27 В на питание от правого ЦРУ 27 В. Аналогичным образом резервируется питание остальных шин левого и правого РУ 27 В.

Шины РУ 27 В кабины сопровождающих получают питание от шин ЦРУ 27 В через контакторы двойного питания 108-К4 и 108-К12.

При отказе трех выпрямительных устройств (например, ВУ1, ВУ2, ВУ3) исправнее выпрямительное устройство (ВУ4) обеспечивает питанием шины ЦРУ 27 В своего борта (правого), а

также шину аккумуляторов другого борта (левого). В приведенном примере срабатывает контактор 107-К3 и отпускают контакторы 107-К1 и 107-К2. Аналогичным образом будет работать система при других сочетаниях отказов трех выпрямительных устройств.

При отказе всех выпрямительных устройств отключаются контакторы 107-К1, 107-К2, 107-К4, 107-К5. При этом обесточиваются шины выпрямительных устройств ЦРУ-275; РУ 27 В. Контактор 107-К3 срабатывает и объединяет шины аккумуляторов левого и правого ЦРУ 27 В в единую систему аварийного питания.

Аэродромный источник постоянного тока подключается к бортсети через разъем РАП и контакторы 108-К3 и 108-К16. При этом аэродромный источник используется только для запуска ВСУ и питания шин наземного обслуживания.

При запуске левого ВСУ от аккумуляторных батарей срабатывает контактор 108-К23, подключающий аккумуляторные батареи №1 и 2 к шине запуска ВСУ. В этом случае аккумуляторные батареи №1 и 2 обеспечивают в основном питание электростартера ВСУ, а аккумуляторные батареи №3 и 4 - питание бортсети. Аналогичным образом запускается правая ВСУ. 3 полете этот вариант запуска ВСУ является единственным.

Распределительная сеть выполнена однопроводной с использованием корпуса самолета в качестве нулевого провода.

Варианты электропитания

В табл. 4 приведены работа коммутационной аппаратуры и питание основных силовых шин для наиболее вероятных вариантов электропитания бортсети.

Мнемосигнализация системы

Мнемосигнализация щитка электроснабжения дает наглядное представление о работе системы при различных сочетаниях работы источников 27 В.

Условия загорания элементов мнемосигнализации следующие (порядковый номер мнемосигнализации на рис. 4.4 соответствует порядковому номеру ниже):

1. Имеется напряжение на шине ВУ1 левого ЦРУ 27 В;
2. Сработал ДМР-200ВУ21;

3. Имеется напряжение на шинах ВУ1 и ВУ2 левого ЦРУ 27 В, а также сработали контакторы 107-К1 и 107-К2;

4. Сработал ДМР-200ВУ №2.

Примечания:

1. На самолетах с аккумуляторами 20FP38Н1СТ2-R фирмы VARTA и 20НКБН-40Д установлены желтые табло «АКК1 перегрев», «АКК2 перегрев», «АКК3 перегрев», «АКК4 перегрев» сигнализации нагрева АКК соответственно до температуры 60°С и (70±2,8)°С и выше.

2. На доработанных самолётах с аккумуляторными батареями 20FP38Н1СТ2-R, 20НКБН-40Д вместо выключателей аккумуляторных батарей «АКК1», «АКК2», «АКК3», «АКК4» с положениями «Вкл.»»Выкл.» установлены переключатели аккумуляторных батарей «АКК1», «АКК2», «АКК3», «АКК4» с положениями «Автом.» - включение на бортсеть аккумуляторной батареи и автоматическое ее отключение при перегреве (при загорании соответствующего табло «АКК1 перегрев», «АКК2 перегрев», «АКК3 перегрев», «АКК4 перегрев»): «Ручное» - включение на бортсеть аккумуляторной батареи: «Откл» - отключение аккумуляторной батареи (см. рис. 5).

3. На земле при длительной работе во избежание перегрева аккумуляторных батарей 20FP38Н1СТ2-R после проверки всех аккумуляторных батарей и выпрямителей необходимо отключить ВУ1 и ВУ4, АКК1 и АКК4. Через 2 часа работы следует включить ВУ1, ВУ4, АКК1. АКК4 и отключить ВУ2. В93. АКК3, АКК3. И так чередовать через каждые 2 часа работы.

Аккумуляторная батарея 20НКБН-40Д

Основные технические данные

Емкость при часовом режиме разряда, А/ч40

Напряжение:

– холостого хода, В.....25,5

– при нагрузке 85-100А в начале разряда, В.....24

Аккумуляторная батарея 20FP38Н1СТ2-R

Основные данные

Емкость при часовом режиме разряда, А/ч38

Напряжение:

- холостого хода, В.....25,5
- при нагрузке 85-100А, В.....23
- Температура срабатывания термодатчика, °С.....(70±2,8)
- 4. Имеется напряжение на шине ВУ2 левого ЦРУ 27 В;
- 5. Имеется напряжение на шине Акк1-2 левого ЦРУ 27 В, также сработал контактор 107-К1 или 107-К2;
- 6. Имеется напряжение на шине Акк1-2 левого ЦРУ 27 В;
- 7. Сработал контактор 108-К1 или 106-К2;
- 8. Сработал контактор 108-К1 или 108-К2;
- 9. Имеется напряжение на шинах Акк1-2 левого ЦРУ 27 В и Акк3-4 правого ЦРУ 27 В, также сработал контактор 107-К3;
- 10. Сработал контактор 108-К17 или 108-К18;
- 11. Сработал контактор 108-К18 или 103-К17;
- 12. Имеется напряжение на шине Акк3-4 правого ЦРУ 27 В;
- 13. Имеется напряжение на шине Акк3-4 правого ЦРУ 27 В, также сработал контактор 107-К4 или 107-К5 и соединил шины аккумуляторные с шинами ВУ;
- 14. Сработал ДМР-200ВУ №3;
- 15. Имеется напряжение на шине ВУ3 правого ЦРУ 27 В;
- 16. Имеется напряжение на шинах ВУ3 и ВУ4 правого ЦРУ 27 В, также сработали контакторы 107-К4 и 107-К5 и соединили шины ВУ3 и ВУ4;
- 17. Имеется напряжение на шине ВУ4 правого ЦРУ 27 В;
- 18. Сработал ДМР-200ВУ № 4.

Органы управления и сигнализации (см. рис. 4)

1. Выключатель «Аэр. 27В на запуск ВСУ» - подготовка включения аэродромного источника 27 В на шину запуска ВСУ (подключение происходит при нажатии на кнопку запуска двигателя ВСУ).
2. Табло «Аэр. 27 В» - сигнализация готовности подключения Аэр 27 В на шину запуска ВСУ.
3. Выключатели «Акк1», «Акк2», «Акк3», «Акк4» - включение аккумуляторных батарей Акк1, Акк2, Акк3, Акк4.
4. Переключатель аккумуляторных батарей (закрит колпачком) с положениями:
 - а) «Акк на общую сеть» - подключение аккумуляторных батарей на всю распределительную сеть 27 В;

б) «Акк на шины Акк» - подключение аккумуляторных батарей на аварийные (аккумуляторные) шины 27 В.

5. Табло «Акк1 откл.», «Акк2 откл.», «Акк3 откл.», «Акк4 откл.» - сигнализация отключения аккумуляторных батарей.

6. Выключатели «Обогрев Акк-2», «Обогрев Акк3-4» - включение электрического обогрева аккумуляторных батарей № 1 и 2, №3 и 4 соответственно.

7. Выключатели «ВУ1», «ВУ2», «ВУ3», «ВУ4» - подключение на бортовую выпрямительных устройств ВУ-6Б.

8. Табло «ВУ1 откл.», «ВУ2 откл.», «ВУ3 откл.», «ВУ4 откл.» - сигнализация отключения выпрямительных устройств ВУ-6НК.

9. Выключатель «Резерв. бортов» - подготовка автоматического резервирования питания шин ВУ одного борта (при отказе двух ВУ этого борта) от одного из ВУ другого борта.

10. Переключатель «Напряжение 27 В» - подключение вольтметра для измерения напряжения на разъеме аэродромного источника 27 В («Аэр.»), на Акк № 1,2,3,4 («Акк1», «Акк3», «Акк3», «Акк4»), на выходе ВУ-6Б № 1,2,3,4 («ВУ1», «ВУ2», «ВУ3», «ВУ4»), на аварийной шине Акк1-2 левого ЦРУ 27 В («Шина Акк 1-2»), на аварийной шине Акк3-4 правого ЦРУ 27 В («Шина Акк3-4»).

11. Табло «Питание от аккумуля.» - работает в мигающем режиме, сигнализируя о питании аварийных шин 27 В от аккумуляторных батарей при отказе всех ВУ-6Б или всех генераторов переменного тока.

12. Табло «Пост. ток. - Проверь» - сигнализация отключения одного или нескольких источников 27 В (Акк или ВУ), а также сигнализация отключения напряжения на шинах Акк в левом или правом ЦРУ 27 В за допустимые пределы (по команде БАСК-124).

13. Табло «Аккумулятор. - Отключен» - сигнализация отключенного положения выключателей обогрева Акк.

Эксплуатация систем электроснабжения

Исходное положение органов управления

а) на всех ЦРУ и РУ автоматы защиты должны быть включены (нажаты);

б) на щитке электроснабжения:

– выключатели - в отключенном положении;

- выключатель «Пит. погрузки от Г1 или Г4» закрыт колпачком;
- галетные переключатели - в произвольном положении;
- кнопки аварийного рассоединения приводов закрыты колпачками и опломбированы;
- переключатели генераторов ВСУ - в положении «Откл.»;
- на «Авар. шины», остальные переключатели закрыты колпачками;

в) на панели пультов предполетной подготовки выключателя: «Питание бортсети и БПК. От генер. ВСУ лев. - от генер. ВСУ прав. От Аэр. 200/115 В» - в положении «Откл.» а закрыты колпачками.

Подключение на борсеть аэродромного бортипитания

1. Убедитесь в подключении кабелей аэродромного питания 200/115В и 27 В. Включите проходное освещение.

2. Проверьте исходное положение органов управления.

3. Включите выключателя «Резерв. бортов» систем 200/115 В и 27 В.

4. Установите переключатель вольтметра 27 В последовательно в положения «Акк1», « Акк2», «Акк3» и «Акк4». Напряжение должно быть не менее 25,5 В, в каждом положении переключателя.

5. Установите переключатель аккумуляторных батарей в положение «Акк. На шины аккумуля.».

6. Выключите выключатели «Акк1», «Акк2», «Акк3» и «Акк4», при этом: загораются, а затем гаснут табло отключения аккумуляторных батарей;

- загораются табло отключения трансформаторов, выпрямительных устройств, генераторов и четыре табло «Нет давл. масла», «Питание от аккумуля.», «Перем. ток. -Про верь», «Пост.ток. - Проверь».

7. Установите переключатели вольтметров:

- 115 В - в положение «Авар, лев.»;

- 36 В - в положение «Авар. шина лев.».

8. Установите переключатель преобразователя «ПТ лев.» в положение «Ручное», при этом:

- мнемосигнализация показывает подключение аккумуляторных батарей на шины Акк1-2 и Акк3-4;

- загорается табло «ПТ лев. вкл.»;

- напряжение и частота преобразователя находятся в заданных пределах (соответственно 108-126 В и 392-408 Гц) при установке переключателя фаз в положения «А», «В», «С»;

- напряжение по вольтметру 36 В находится в заданных пределах (при установке переключателя фаз в положения «АВ», «ВС», «СА»).

9. Установите переключатель «ПТ лев.» в положение «Откл.», затем «Автом.». Проверьте работу преобразователя аналогично п.9.

10. Установите переключатели вольтметров:

- 115 В - в положение «Авар. прав.»;

- 36 В - в положение «Авар. шина прав.».

11. Проверьте работу правого преобразователя аналогично пп. 9 и 10.»

12. Установите переключатель вольтметра 115 В в положение «Аэр.» Убедитесь, что напряжение и частота находятся в пределах 115-120 В и 392-408 Гц соответственно (при установке переключателя фаз в положения «А», «В», «С»).

13. Включите выключатель «Аэр. 200/115 В» в положение «На борт», при этом:

- загорается табло «Аэр. 200/ 115 В»;

- загорается светосигнализатор «Аэр. 200 В 3Ф» у разъема аэродромного питания ШРАП-400-3Ф;

- гаснут табло «ПТ лев. вкл.» и «ПТ прав, вкл.», «Переменный ток. - Проверь»;

- мнемосигнализация системы 200/115 В соответствует подключению на бортсеть аэродромного источника 200/115 В.

14. Установите переключатель вольтметра 27 В последовательно в положения «ВУ1», «ВУ2», « ВУ3»,»ВУ4». Напряжение должно быть не менее 28 В в каждом положении переключателя.

15. Включите выключатели «ВУ1», «ВУ2», «ВУ3», «ВУ4», при этом:

- гаснут табло «ВУ1 откл.», «ВУ2 откл.», «ВУ3 откл.», «ВУ4 откл.», «Пост. ток. - Проверь»;

- мнемосигнализация системы 27 В соответствует подключению выпрямительных устройств на бортсеть.

16. Установите переключатель вольтметра 36 В последовательно в положения «Тр1», «Тр2»,»Тр3», «Тр4», «Авар.шина лев.», «Авар.шина прав.». В каждом-положении переключателя

напряжение должно находиться в пределах 34-38 В при установке переключателей фаз в положения «АВ» «ВС», «СА». Убедитесь по мнемосигнализации в отсутствии напряжения на шинах Тр1, Тр2, Тр3, Тр4 (не горят).

18. Включите выключатели «Тр1» и «Тр4». Убедитесь по мнемосигнализации в наличии напряжения на шинах Тр1, Тр4 (горят) и в отсутствии напряжения на шинах Тр2 и Тр3 (не горят).

19. Включите выключатели «Тр2» и «Тр3». Убедитесь по мнемосигнализации в наличии напряжения на всех шинах 36 В (горят).

20. Включите выключатели «Обогрев Акк.1-2» и «Обогрев Акк.3-4» при температуре воздуха +5°C и ниже.

Подключение на бортсеть генераторов ВСУ

1. Перед запуском двигателей ВСУ:

- выполните операции 1-12, указанные выше в п.5.2;
- выполните операции 1-20, указанные выше в п. 5.2 , если подключен аэродромный источник 200/115 В при запуске от аэродромного источника 27 В; дополнительно к этому;
- установите переключатель вольтметра 27 В в положение «Аэр.»;

- проверьте напряжение аэродромного источника, которое должно находиться в пределах 26,5-29,5 В;

- включите выключатель «Аэр. 27 В на запуск ВСУ», при этом загорается табло «Аэр. 27 В» на щитке электроснабжения и светосигнализатор «27 В» у разъема ШРАП-500К. При подстыковке кабеля аэродромного питания 27 В к ШРАП-500К шина наружных средств питается от аэродромного источника 27 В.

2. Запустите левый (правый) двигатель ВСУ.

3. Установите переключатель вольтметра 115 В в положение Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.»).

4. Установите переключатель генератора «Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.») в положение «На борт», а переключатель шин - в положение «На основ. шины», при этом:

- через 3с после автоматической самопроверки канала левый (правый) генератор ВСУ подключится на бортсеть. Аэродромный

источник (если он был подключен) отключится от бортсети, если включен правый генератор ВСУ, и отключится от левой бортсети, если включен только левый генератор ВСУ;

- загорается табло «Генер. ВСУ лев. вкл.» («Генер. ВСУ прав. вкл.»);

- мнемосигнализация системы 200/115 В показывает подключение генератора ВСУ на бортсеть.

Убедитесь, что напряжение и частота находятся в пределах 115-120 В и 392-408 Гц соответственно (при установке переключателя фаз в положения «А», «В», «С»).

5. Подключите на бортсеть ВУ 27 В и Тр 36 В согласно операциям 15-20 п.5.2., если запуск ВСУ производился от аккумуляторных батарей.

6. Запустите второй двигатель ВСУ и подключите на борт его генератор, повторив операции п.4 настоящего раздела. При этом левый генератор ВСУ подключится на левый борт, а правый генератор ВСУ - на правый борт.

Отключите аэродромные источники и дайте команду отсоединить кабели аэродромного питания, если запуск производился от аэродромных источников.

Подключение на бортсеть основных генераторов

А. Перед запуском двигателя.

Если питание производилось от аэродромного источника, переведите бортсеть на питание от генераторов ВСУ (см. «Подключение на бортсеть генераторов ВСУ»).

Б. После запуска двигателя.

1. После выхода двигателя на режим «МГ» (по докладу старшего бортиженера) убедитесь, что табло «Нет давл.масла» гаснет.

2. Установите переключатель вольтметра 115 В в положение генератора работающего двигателя.

3. Включите выключатель генератора работающего двигателя, при этом:

- через 3 с после автоматической самопроверки канала генератор подключится на свой борт, а генератор ВСУ отключится от этого борта;

- гаснет табло отключения генератора;

- мнемосигнализация системы 200/115 В показывает

подключение генератора на шины своего борта и отключение от этих шин генератора ВСУ;

- амперметр генератора показывает ток нагрузки. Убедитесь, что напряжение и частота находятся в пре делах 115-120 В и 392-408 Гц соответственно (при установке переключателя фаз в положения «А», «В», «С»).

4. Проверьте устойчивость работы генератора и привода в процессе опробования двигателя. Убедитесь, что частота и напряжение находятся в допустимых пределах (в установившемся режиме).

5. Повторите операции 1-4 п.5.4 Б после запуска каждого двигателя.

***ВНИМАНИЕ!** Перед остановом двигателя на земле или в полете отключите выключатель генератора. Останов двигателя с включенным выключателем генератора может привести к отказу привода генератора.*

В. После запуска всех двигателей.

1. Отключите выключатели генераторов ВСУ.
2. Остановите двигатели ВСУ.

Подключение источников электроэнергии для выполнения погрузочно-разгрузочных работ

Погрузочно-разгрузочные работы обеспечиваются:

1. При подключенном аэродромном источнике 200/115 В (переключатель «Аэр. 200/115 В» установлен в положение «На погрузку»). Питание бортсети осуществляется от аккумуляторных батарей и ПТС-1600 или от генератора ВСУ. При подстыкованном кабеле аэродромного источника 27 В шина наружных средств питается от аэродромного источника 27 В.

2. При одном работающем двигателе ВСУ (переключатель «Генер. ВСУ лев.» («Генер. ВСУ прав.») установлен в положение «На погрузку»). Питание бортсети осуществляется от аккумуляторных батарей и ПТС-1600 или от аэродромного источника 200/115 В.

3. При двух работающих двигателях ВСУ (переключатель одного генератора ВСУ установлен в положение «На погрузку», второго - «На борт» или переключатели обоих генераторов ВСУ установлена в положение «На погрузку», а питание бортсети в

последнем случае осуществляется от аккумуляторных батарей и ПТС-1600 или от аэродромного источника 200/115 В).

4. При работающем генераторе Г1 или Г4 (выключатель «Пит. погрузки от Г1 или Г4» установлен в верхнее положение). Если включены Г1 и Г4, на шины погрузки подключится только Г1.

5. В случае необходимости обеспечения работа бортового погрузочного комплекса (БПК) и бытового оборудования при питании от одного источника необходимо:

а) если питание осуществляется от аэродромного источника 200/115 В:

- переключатель «Аэр. 200/115 В» установить в положение «На борт»;

- выключатель «Питание бортсети и БПК - От аэр. 200/115 В» установить в верхнее положение;

б) если питание осуществляется от левого генератора ВСУ:

- переключатель «Генер. ВСУ лев.» установить в положение «На борт»;

- выключатель «Питание бортсети и БПК - От генер. ВСУ лев.» установить в верхнее положение;

в) если питание осуществляется от правого генератора ВСУ:

- переключатель «Генер. ВСУ прав.» установить в положение «На борт»;

- выключатель «Питание бортсети и БПК - От генер. ВСУ прав.» установить в верхнее положение.

Во всех случаях объединения питания бортсети БПК, при работе БПК разрешается включать только агрегаты бытового оборудования освещение, другие потребители не должны включаться. При этом должны быть отключены автоматы защиты, являющиеся одновременно выключателями:

- АИСУ, ИКБСП, САУ, СУУ, СТЬ, АСК;

- систем управления внутренними и концевыми закрылками, предкрылками в интерцепторах;

- САЗ РВ, САЗ элеронов, Кш РВ, Кш РН.

После окончания работы БПК выключатель «Питание бортсети и БПК - От аэр. 200/115 В» («От генер. ВСУ лев. - От генер. ВСУ прав.») установить в положение «Откл.» и закрыть колпачком.

После окончания всех работ переключатель «Аэр. 200/115 В» («Генер. ВСУ лев.», «Генер. ВСУ прав.») установить в положение «Откл.». Включить отключенные автоматы защиты.

Эксплуатация систем электроснабжения в полете

1. Убедитесь в том, что:

- табло не горят;
- выключатели основных генераторов (Г1, Г2, Г3, Г4) включены;
- выключатели Тр (Тр1, Тр2, Тр3, Тр4) включены;
- выключатели ВУ (ВУ1, ВУ2, ВУ3, ВУ4) включены;
- выключатели Акк (Акк1, Акк2, Акк3, Акк4) включены;
- выключатели «Резерв. бортов» включены;
- переключатель батарей - в положении «Акк. на шины аккумуля.» и закрыт колпачком;
- выключатели преобразователей (ПТ лев., ПТ прав.) - в положении «Автом.»;
- переключатели вольтметров 115 В, 36 В, 27 В - в положениях измерения напряжения на аварийных шинах;
- переключатели генераторов ВСУ - в положении «Откл.» и «На авар. шины»;
- выключатели «Аэр. 27 В на запуск ВСУ» - в положении «Откл.» - переключатель «Аэр. 200/115 В» - в положении «Откл.»;
- переключатель «Поиск неисправ.» - в положении «Откл.»;
- выключатель «Пит. погрузки от Г1 или Г4» - в положении «Откл.» и закрыт колпачком.

2. Включите выключатели «Обогрев акк. 1-2» и «Обогрев акк. 3-1» (если были отключены).

А. В полете:

1. Через 30 мин после взлета проверьте правильность функционирования систем электроснабжения по сигнализации работы источников электропитания.

2. Через 2 часа полета а в дальнейшем через каждые 30 мин полета проверьте ток заряда АКК по отклонению стрелки амперметра влево за нулевую отметку. Если ток достигнет 15-20А, то поочередным отключением и включением по одной АКК соответствующего борта определите батарею с повышенным зарядным током и отключите эту батарею до конца полета.

Если в полете выполнялся запуск ВСУ, ток заряда батарей не проверяйте в течение 2 часов после запуска ВСУ.

3. Периодически контролируйте работу источников электроэнергии.

Б. Перед посадкой:

Проверьте правильность функционирования систем электроснабжения по сигнализации работы источников электропитания.

В. После посадки:

1. Запустите двигатель ВСУ.
2. Установите выключатель генератора запущенного двигателя ВСУ в положения «На борт» и «На основ. шины».
3. Отключите ненужные для работы потребители.
4. Отключите выключатели трех основных генераторов и убедитесь в подключении генератора ВСУ на тот борт, где отключены два генератора.

5. Отключите выключатель оставшегося основного генератора и убедитесь в подключении генератора ВСУ на оба борта. Нагрузка генератора ВСУ не должна превышать 110 А в каждой из фаз.

6. Выключите двигатели.

В случае перехода на питание от аэродромных источников:

- проверьте аэродромный источник 200/115 В и включите его выключатель;
- отключите оба генератора ВСУ (если запускали оба двигателя ВСУ);
- убедитесь в подключении на бортовую сеть аэродромного источника 200/115 В;
- убедитесь в нормальной работе источников 27 В и 36 В;
- остановите двигатель (двигатели) ВСУ.

Возможные неисправности в системах электроснабжения и действия экипажа

Общие указания:

1. В каждой системе электроснабжения общая мощность основных источников в два раза превышает суммарную мощность потребителей, поэтому при отказе половины основных источников обеспечивается питание потребителей, без ограничения.

2. При нормальной работе всех источников электроэнергии каждая система разделена на два электрических борта - левый и

правый, причем левый борт образуют все шины левых ЦРУ и РУ, а правый борт - все шины правых ЦРУ и РУ.

3. При отказе источников электроэнергии обеспечивается автоматическое резервирование их шин от работающих источников своего или противоположного бортов. Имеются выключатели электрического разъединения. Сортов («Резерв. бортов»), при отключении которых резервирование источников производится только в пределах своего борта.

Амперметр отказавшего источника показывает «0».

4. При необратимом отключении источника автоматической защитой включается блокировка его повторного включения; в этом случае для повторного включения источника необходимо отключить и затем включить его выключатель (при выключении снимается блокировка).

5. Допускается повторное включение отказавших источников, если нет явных признаков их отказа (разрушение перегрев, пожар и др.)

6. Отказы источников электроэнергии определяются:

- светосигнальными табло отдельных источников;
- общей сигнализацией - табло «Перем. ток. - Проверь», «Пост. ток. - Проверь», «ПТ - Включи»;
- мнемосхемами систем;
- измерительными приборами.

При отказе одного из источников табло «Перем. ток. - Проверь» или «Пост. ток. - Проверь», а ЦСО загораются в проблесковом режиме, а соответствующие табло отказавшего источника - в режиме постоянного горения.

После перевода обобщающей сигнализации в режим постоянного горения и последующего за этим отказа еще одного источника обобщающая сигнализация вновь будет гореть в проблесковом режиме.

При отказе всех ВУ загораются табло «Питание от аккумулям.».

7. БАСК контролирует следующие параметры и элементы электроснабжения:

а) напряжение каждой фазы и частоту основных генераторов. При отклонении напряжения за пределы 114-120 В или частоты за пределы 380-420 Гц загорается табло «Перемен.ток. - Проверь», а на экран БИ БАСК выводится текущее значение контролируемого параметра.

В этом случае, если блок БРЗУ не отключил генераторный канал, а напряжение выходит за пределы 112-122 В, необходимо вручную отключить этот генератор. При отклонении частота за пределы 380-420 Гц необходимо вручную отключить генератор и нажать кнопку аварийного рассоединения привода этого генератора;

б) напряжение на аккумуляторных шинах левого и правого

ЦРУ 27 В. При отклонении напряжения за пределы 25,4-3СВ загорается табло «Пост. ток. - Проверь», а на экран БИ БАСК выводится текущее значение напряжения.

В этом случае необходимо по элементам контроля и индикации щитка электроснабжения определить неисправные ВУ и действовать, как изложено ниже при отказах этих устройств;

в) положение выключателей основных генераторов 200/115 В (Г1, Г2, Г3, Г4), выпрямительных устройств (ВУ1, ВУ2, ВУ3, ВУ4) и основных трансформаторов 36 В (Тр1, Тр2, Тр3, Тр4). Если перед взлетом при отклонении предкрылков на угол больше 14° или в полете после уборки шасси один из этих выключателей будет отключен, на экран БИ БАСК выводится сообщение о его невключении. В этом случае необходимо включить выведенный на экран источник;

г) перепад давления на фильтре внешней маслосистемы привода-генератора ПП-23 каждого двигателя. При появлении информации о засорении маслофильтра необходимо усилить контроль за параметрами выведенного на экран канала электроснабжения;

д) текущее значение напряжения и частоты основных генераторов, а также напряжение на аккумуляторных шинах левого и правого ЦРУ 275 (информация на экран БИ БАСК выводится после нажатия кнопки «Элект.снаб.»). На рис. 11 показан пример информации кадра электроснабжения БАСК.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ			
Частота (Гц)			
Г1	Г2	Г3	Г4
400	409	390	410
Напряжение (В)			
А117	120	115	117
В118	116	120	115
С115	119	118	116
Шины АКК ЦРУ (27В)			
лев 29,1		прав 27,5	

Рис.11. Пример информации кадра электроснабжения БАСК

Отказы в системе 200/115 В

1. Регулирование, защиту, управление в проверку функционирования каналов основных генераторов и генераторов ВСУ производят однотипные блоки регулирования, защиты и управления (БРЗУ- 115 В), установленные по одному на каждый генератор. Автоматика блоков БРЗУ обеспечивает:

- первые 3 с после включения выключателя генератора проверку генератора, его силовых цепей, привода постоянной скорости, а также правильность работы элементов самого БРЗУ;

- автоматический контроль производится при каждом включении выключателя генератора;

- включение генератора под нагрузку, если напряжение на его выходе находится в пределах выше 111 ± 3 В, но ниже 1261 ± 3 В, частоты - не ниже 385 ± 5 Гц и не выше 415 ± 5 Гц;

- отключение генератора при отклонении напряжения за пределы 104 ± 3 - 126 ± 3 В через $(6\pm 0,9)$ с, частоты за пределы 375 ± 5 - 425 ± 5 Гц через $(6\pm 0,9)$ с, а также при обрыве или коротком замыкании внутренних цепей генератора или его силовых проводов;

- отключение генератора при снижении частоты до 335 - 320 Гц без выдержки времени;

- механическое разъединение привода-генератора ГП-23 от двигателя при повышении частоты до 465 - 480 Гц. Имеется также возможность ручного разъединения привода-генератора от двигателя с помощью кнопки на щитке электроснабжения; в этих случаях зацепление привода-генератора с двигателем может быть восстановлено только на земле (за кольцо на ГП-23);

- автоматический поиск неисправностей агрегата своего канала.

2. Входной вал, соединяющий ГП-23 с двигателем, имеет слабый элемент - срезную шейку, которая разрушается при недопустимом увеличении крутящего момента, вызванного неисправностью привода или генератора. В этом случае ГП-23 подлежит замене.

3. При отключении блоком БРЗУ любого основного генератора или генератора ВСУ неисправность может быть определена с помощью переключателя «Поиск неискр.». При установке этого переключателя в положение проверяемого генератора (выключатель этого генератора должен оставаться во включенном положении) загорается одно из табло:

- «Привод» - при неисправности привода постоянной скорости;

- «Генер. фидер» - при неисправности генератора или силовых цепей канала;

- «БРЗУ» - при неисправности самого БРЗУ.

4. При отказе одного любого генератора шины его нагрузки автоматически переключаются на шины нагрузки работающего генератора своего борта.

5. При отказе двух генераторов разных бортов два работающих генератора обеспечат электропитанием всю бортсеть (каждый генератор - шины нагрузки своего борта).

6. При отказе двух генераторов одного борта, например Г1 и Г2, работающий Г3 переключится на шины левого борта, а Г4 - на шины правого борта. При отказе Г3 и Г4 работающий Г2 переключится на шины правого борта, а Г1 - на шины левого борта.

7. При отказе трех генераторов (Г3, Г4, Г1 или Г2) работающий генератор обеспечит питанием все шины бортсети, кроме шин Г3 и Г4 в правом ЦРУ 200/115 В. Будут также обесточены ВУ4, Тр3, Тр4.

При отказе трех генераторов (Г1, Г2, Г3 или Г4) работающий генератор обеспечит питанием всю бортсеть, кроме шин Г1 и Г2 в левом ЦРУ 200/115 В. В этом случае будут обесточены питанием ВУ1, Тр1, Тр2. Шины САУ и ВСУ в этих случаях переключатся на работающий генератор.

8. Если при отказе трех генераторов будут запущены оба двигателя ВСУ и включены их генераторы (Г5, Г6), то работающий основной генератор обеспечит электропитанием шины своего борта, один из генераторов ВСУ подключится на шины обесточенного борта, а второй генератор ВСУ будет в резерве.

9. При отказе четырех основных генераторов питание потребителей обеспечат генераторы ВСУ, которые могут быть подключены на все шины бортсети или только на аварийные шины после запуска ВСУ. Автоматика подключения на бортсеть генераторов ВСУ выполнена с приоритетом подключения их на основные шины, то есть если переключатель одного из генераторов будет установлен в положение «На основ.шины», а другого - в положение «На авар.шины», то оба подключатся на основные шины.

На время снижения до высоты запуска ВСУ и подключения генераторов ВСУ на бортсеть электропитание ограниченного числа (аварийных) потребителей обеспечат аккумуляторы и преобразователи ПТС-1600, а также трансформаторы Тр5 и Тр6, которые получают питание от ПТС-1600.

Перечень аварийных потребителей электроэнергии

- а) Потребители аккумуляторных шин:
- Преобразователи 200/115 В ПТС-1600 левый и правый.
 - Управление и запуск двигателей.
 - Управление и запуск левого и правого двигателей ВСУ.
 - Управление реверсом» двигателей.
 - Противопожарная защита и пожарная сигнализация.
 - Противопожарные краны двигателей.
 - Топливные краны 1,2 и 3-й очередей двигателей.
 - Краны кольцевания топлива двигателей.
 - Краны перекачки топлива двигателей.
 - Топливные насосы левого и правого двигателей ВСУ.
 - Приборы контроля двигателей (обороты КВД, температура выходящих газов, температура масла, количество масла).
 - Система улучшения устойчивости (СУУ): СУУ-400 №1, СУУ-400 №2, СУУ-400 №4, ПТС-250 №1, ПТС-250 №2, ПТС-250 №4, УВК №1, УВК №2, УВК №3, УВК №4.
 - Система триммирования и балансировки (СТБ): СТБ ВСК №1, СТБ ВСК №2.
 - Система автоматической загрузки (САЗ) РВ. - САЗ элеронов (ВСК и АО).
 - Основное в резервное управление предкрылками.
 - Основное и резервное управление внутренними и концевыми закрылками.
 - Управление интерцепторами.
 - Изменение $K_{ш}$ РВ и $K_{ш}$ РН.
 - Резервный выпуск шасси.
 - Аварийная разгерметизация кабин.
 - Управление СКВ (сигнализация положения кранов СКВ, кроме СКВ кабины экипажа, ручное управление и сигнализация левой и правой ТХУ).
 - Управление САРД.
 - Управление системой подготовки воздуха (СПВ).
 - Обогрев ПВД левого пилота.
 - Управление задним грузолоком.
 - Управление сбросом грузов.
 - Управление входной дверью.
 - Управление лестницей кабины экипажа.
 - Турбонасоса.

- Бортовое аварийное устройство регистрации полетных данных (БАУР) «Тестер-М».

- Торможение колес шасси.

- Комплекс ИКВСП: блок согласования БС-1М, блок формирования и контроля БФК №1 и 2, сигнализация опасной скорости (ССОС), система воздушных сигналов СВС1-72 №1 и 2, комбинированный указатель УСИМ1-7 №1 и 2, устройство индикация и сигнализации углов атаки УДУА-7 № и 2.

- Система автономной навигации А826: ИС-1, ИС-2, ИС-3.

- Аппаратура индикации, связи, управления (АЙСУ-1): командный пилотажный прибор (ПКП) пилотов, навигационный плановый прибор (ПНП) пилотов и штурмана, резервный авиагоризонт АГР-74М (преобразователь ПТС-25М), блок сравнения сигналов БСС-5, блок связи с приборами БСП-8 пилотов и штурмана, блок коммутации сигналов БКС-6 пилотов, селектор индикации СИ-7 пилотов и штурмана, селектор курса штурмана.

- Комплекс связи: радиостанция МВ №1, аппаратура АВСК, магнитофон, объединенный пульт управления (ОПУ).

- Изделие 6202.

- АРК №1.

- РВ №1,

- Курс МП-70 №1.

- Радиомагнитный индикатор РМИ-2Б левый.

- Антенно-фидерная система «Лилия».

- Система сигнализации САС-4.

- Сигнализация люков.

- Сигнализация двигателей.

- Сигнализация шасси.

- Питание и сигнализация ТНУ.

- Сигнализация кислородной системы.

- Сигнальные ракеты.

- Светотехническое оборудование: посадочные фары, фара подсвета стабилизатора, левая), плафоны мест эвакуации, дежурное освещение кабину сменного экипажа, грузовой кабины, задней и верхней, палубы, освещение техотсеков верхней палубы, проходное освещение, резервное освещение кабины экипажа, заливающее освещение пультов и приборных досок, подсвет вольтметра 27 В.

б) Потребители левого ПТС-1600:

- Трансформатор №5 сети 36 В 400 Гц.

- Г1 изделие 6202.
- АРК №1
- РВ №1.
- Курс МП-70 №1.
- Комплекс ИКВСП: блок согласования БС-1М, блок формирования и контроля БФК №1, система воздушных сигналов СВС1-72 №1, комбинированный указатель УСИМ1-7 №1, устройство индикации и сигнализации углов атаки УДУА-7 №1.
 - Радиостанция МВ №1.
 - Измерители температуры выходящих газов двигателей.
 - Управление тормозной системой.
- в) Потребители правого ПТС-1600
 - Трансформатор №6 сети 36 В 400 Гц.
 - Комплекс ИКВСП: блок формирования и контроля БФК №2, система воздушных сигналов СВС1-72 №2, комбинированный указатель УСИМ1-7 №2, устройство индикации и сигнализации углов атаки УДУА-7 №2.
- г) Потребители левой аварийной шины 36 В (Тр5):
 - Комплекс ИКВСП: СВС1-72 №1, УСИП-7 №1, БФК №1, сигнализатор опасной скорости (ССОС).
 - Аппаратура индикации, связи, управления (АИСУ): комбинированный прибор ДА-30П, переключатель вертикалей ПВ-151.
 - Система А-826: ИС1, ИС2, ИС3.
 - АРК №1
 - Курс МП-70 №1 .
 - Изменение $K_{ш}$ РВ и $K_{ш}$ РН.
 - Датчики положения РУД.
 - Контроль тяги 1-го и 2-го двигателей.
 - Перепад давления масла 1-го и 2-го двигателей.
 - «Тестер-М»;
 - Датчики ДС-10 положения: левых и правых элеронов, интерцепторов, внутренних закрылков, левого РВ.
- д) Потребители правой аварийной шины 36 В (Тр6):
 - Комплекс ИКВСП: СВС1-72 -№2, УСИМ1-7 №2, БФК №2.
 - Изменение $K_{ш}$ РН.
 - Контроль тяги 3-го и 4-го двигателей.
 - Перепад давления масла 3-го и 4-го двигателей.

- Датчики ДС-10 положения: левых и правых элеронов, интерцепторов, концевых закрылков, правого РВ.

Примечания 1. На распределительных устройствах у предохранителей и автоматов защиты аварийных потребителей поставлены белые точки.

2. Аварийные шины имеются в распределительных устройствах РУ 200/115 В левом и РУ 200/115 В и 36 В правом, левом РУ 36 В, левом и правом ЦРУ 27 В, левом и правом РУ 27 В, левом и правом РУ 27 В кабины обслуживающего персонала, РУ 27 В левого и правого обтекателей шасси.

Отказы в системе 36 В 400 Гц

1. Защита и управление в системе электроснабжения 36 В обеспечивается автоматами переключения шин АПШ-3М, установленными по одному на каждый канал. Автоматы обеспечивают:

- переключение шин 36 В с основной на резервную цепь питания при исчезновении или снижении ниже заданного уровня [31,5-23,5 В) двух или трех линейных напряжений и контролируемых цепях;

- автоматическое повторное включение трансформатора при снижении и последующем восстановлении одновременно трех фаз входного и выходного напряжения.

2. Шины Тр2 и Тр3 взаимно резервируются между собой.

3. Шина Тр1 резервируется от шины Тр3, и шина Тр4 - от шины Тр3.

4. При отказе Тр1 и Тр4 их шины подключаются к шинам Тр2 и Тр3 соответственно.

5. При отказе Тр1, Тр2, Тр4 их шины подключаются к шине Тр3.

6. При отказе Тр1, Тр3, Тр5 их шины подключаются к шине Тр2.

7. При отказе Тр2 и Тр3 их шины обесточиваются, и левая и правая аварийные шины и шина ИС-3 подключаются к аварийным шинам 200/115 В через Тр5 и Тр6.

Отказы в системе 27 В

1. Дифференциально-минимальные реле ДМР-200 ВУ и элементы автоматики выпрямительных устройств (ВУ) обеспечивают:

- защиту канала от обратного тока ($J \geq 15-50$ А), проходящего через ДМР 200ВУ и возникающего при коротком замыкании внутри ВУ или его силового провода. При этом ДМР-200ВУ становится на магнитную блокировку, которая препятствует в полете повторному включению этого ВУ;

- защиту аккумуляторов и потребителей при снижении напряжения ниже 25 В на обоих ВУ одного борта; при снижении напряжения ВУ будут отключены, и все шины отказавшего борта подключатся к исправным ВУ.

2. При отказе любого ВУ его шин, работающие обычно параллельно с шинами другого ВУ этого борта, будут обеспечены питанием от другого работающего ВУ.

3. При отказе двух ВУ разных бортов работающие ВУ обеспечат питанием каждое свой борт с сохранением двухбортового построения системы.

4. При отказе обоих ВУ одного борта происходит объединение двух бортов, если включен выключатель «Резерв. бортов». Если этот выключатель выключен, объединения бортов не происходит, и аккумуляторная шина, расположенная в ЦРУ 27 В отказавшего борта, будет отключена от работающих ВУ другого борта, что приведет к быстрому разряду аккумуляторов этого борта.

5. При переключении системы 200/115 В на питание от генераторов ВСУ (генераторы ВСУ подключены на аварийные шины) останутся работать только ВУ2 и ВУ3 в этом случае основные шины 27 В будут обесточены.

6. При отказе трех ВУ и включенном выключателе «Резерв. бортов» работающее ВУ обеспечат питанием все шины «ЦРУ 27 В своего борта и аккумуляторные шины ЦРУ 27 В другого борта, и также все шины левых и правых РУ 27 В. Если выключатель «Резерв. бортов» выключен, аккумуляторная шина ЦРУ 27 В отказавшего борта будет подключена только к аккумулятору.

7. При отказе всех ВУ аккумуляторные шины автоматически отключаются от других шин и бортсеть 27 В переключается на аварийное питание от аккумуляторов.

ВНИМАНИЕ! *Аккумуляторы обеспечивают питание потребителей в течение 25 мин с учетом четырех попыток запуска двигателей ВСУ.*

Проявление неисправностей в системах электроснабжения и действия экипажа

А. Система электроснабжения 200/115 В.

1. Горит табло «Перем.ток. - Проверь» и работает сигнализация отключения одного генератора или есть соответствующее сообщение БАСК.

Действия экипажа:

- Отключите отказавший генератор.
- Проверьте по мнемосигнализации включение резервного питания шин этого генератора.
- Убедитесь в нормальной работе остальных источников электроэнергии.

2. Горит табло «Перем.ток. - Проверь» и работает сигнализация отключения двух генераторов или есть сообщение БАСК.

Действия экипажа:

- Убедитесь в нормальной работе остальных источников электроэнергии.
- При отключении трансформаторов или выпрямительных устройств отключите и вновь включите их выключатели.
- Попытайтесь повторно включить отказавшие генераторы, для чего:

а) включите один из генераторов: - установите переключатель вольтметра 115 В и частотомера в положение включаемого генератора;

- отключите и включите на 1-2 с выключатель генератора, следя за показаниями вольтметра и частотомера.

Если напряжение и частота выходят за пределы 115-120 В и 392-408 Гц, отключите генератор до конца полета.

Если напряжение и частота находятся в допустимых пределах, оставьте включенным выключатель генератора и через 3 с генератор должен подключиться на бортовую сеть. Если генератор не подключился, отключите его до конца полета;

- проверьте после подключения генератора на бортовую сеть напряжение каждой из его фаз, частоту и ток нагрузки;

б) аналогично проверьте и включите другой генератор. Если не удалось включить оба отказавших генератора, продолжайте полет.

3. Горят табло «Перем.ток. - Проверь», «Пост.ток. - Проверь» и работает сигнализация отказа трех генераторов, некоторых трансформаторов сети 36 В и некоторых выпрямительных устройств сети 27 В.

Действия экипажа:

- Убедитесь в работе источников электроэнергии:

а) проверьте систему 200/115 В:

- убедитесь в нормальной нагрузке генераторов; при недопустимом увеличении тока отключите часть потребителей;

- убедитесь в наличии напряжения на левых и правых аварийных шинах 115 В.

б) проверьте систему 36 В:

- убедитесь в работе Тр1, Тр2 или Тр3, Тр4;

- убедитесь в наличии напряжения на левых и правых аварийных шинах 36 В;

- отключите выключатели неработающих Тр.

в) проверьте систему 27 В:

- убедитесь в работе ВУ1, ВУ2, ВУ3 или ВУ2, ВУ3, ВУ4. Если какое-то из этих ВУ не работает - отключите и включите его выключатель;

- убедитесь в нормальном напряжении на шинах Акк 1-2 и Акк 3-4;

- отключите выключатель неработающего ВУ;

- выполните попытку повторного включения отказавших генераторов (см. действия при отказе двух генераторов);

Если не удалось включить два из трех отказавших генераторов:

- произведите снижение до высоты запуска ВСУ, если позволяют условия полета;

- запустите один двигатель ВСУ;

- установите переключатели генератора ВСУ в положения «На основ. шины» и «На борт», проверьте напряжение в частоту. Убедитесь в подключении генератора на бортсеть (если работает один основной генератор);

- запустите второй двигатель ВСУ;

- включите второй генератор ВСУ и проверьте его напряжение и частоту.

4. Горят табло «Питание от аккумулят.», «Пост. ток. - Проверь», «Перем. ток. - Проверь», «ПТ_{лев} вкл.»; «ПТ_{прав} вкл.», и также работает сигнализация отказа всех четырех генераторов, трансформаторов и выпрямительных устройств. Гаснет мнемосигнализация систем 200/115В, 36 В и 27 В, кроме мнемосигнализации аккумуляторов.

Действия экипажа:

- Проверьте включение выключателей резервирования бортов 200/115 В и 27 В.

- Убедитесь в нормальной работе аварийных источников электроэнергии (аккумуляторов, ПТС-1600, Тр5, Тр6).

- Ограничьте по указанию командира ВС до минимума число включенных потребителей.

- Отключите ВУ1 (2,3,4).

- Попытайтесь повторно включить отказавшие генераторы.

- Если включились два и более генератора, доложите диспетчеру и продолжайте полет (РЛЭ, п.5.7).

- Если включился один генератор, действуйте как при отказе трех генераторов.

- Если включить отказавшие генераторы не удалось:

- выполните снижение до высоты 7000 м;

- запустите один двигатель ВСУ;

- подключите его генератор на аварийные шины;

- запустите второй двигатель ВСУ;

- подключите его генератор на аварийные шины;

- включите выпрямительные устройства №2 и 3, трансформаторы №2 и 3 (если были отключены), которые питаются от аварийных шин ВСУ; убедитесь в их работе;

- доложите диспетчеру и выполняйте посадку на ближайшем аэродроме;

-если включить основные генераторы и генератор ВСУ не удалось, доложите диспетчеру и выполните экстренную посадку.

ВНИМАНИЕ!

1. Аккумуляторы обеспечивают питание потребителей в течение 25 мин с учетом четырех попыток запуска двигателей ВСУ.

2. Рекомендуется выполнять по одной попытке запуска каждого двигателя ВСУ в целях экономии емкости аккумуляторов.

3. При необходимости подключите оба генератора двигателей ВСУ на основные шины.

5. Горит табло «Нет давл.масла» одного из приводов-генераторов (при работающем двигателе).

Действия экипажа:

Немедленно нажмите кнопку аварийного рассоединения привода-генератора; установите выключатель генератора в положение «Откл.».

6. Горит табло «Пред. т° масла» одного из приводов-генераторов. Действия экипажа те же, что и при загорании табло «Нет давл.масла» (см. п.5).

7. Горит табло «ПТ-Включи».

Действия экипажа:

Установите переключатель «ПТ_{лев}» («ПТ_{прав}») в положение «Автом.», если он был в положении «Откл.».

8. Напряжение генератора в установившемся режиме не в пределах 112-122 В.

Действия экипажа:

- Отключите генератор выключателем.
- Проверьте по мнемосигнализации включение резервного питания шин этого генератора.

9. Частота генератора в установившемся режиме не в пределах 380-420 Гц.

Действия экипажа:

- Нажмите кнопку аварийного отключения привода-генератора.
- Установите выключатель генератора в положение «Откл.».
- Проверьте по мнемосигнализации включение резервного питания шин этого генератора.

10. Обесточились шины ВСУ 1(2) ЦРУ 200/115 В от основных источников питания.

Признаки отказа:

- уменьшился ток по показаниям амперметра одного из каналов генерирования;
- загораются табло «ПТ включен», «ВУ2(3) - Отказ» «Пост. ток.

- Проверь», мигает ЦСО.

При этом:

а) у пилотов:

- загораются табло «ПОС. - Проверь», «ПОС. двиг. - Проверь», «Курс ПНП.- Сравни», «ИС1(2) - Отказ»;

- выпадают бленкеры «КС» на левом (правом) ПНП, бленкеры «К» и «Г» на ПНП и левом и правом ПКП, нет дальности и азимута от РСБН;

- отсутствует обогрев левого (правого) лобового стекла;

- скорость триммирования элеронов и РН уменьшается в 2 раза;

- отсутствует торможение колес 4-го и 5-го рядов;

б) у СБИ:

- загораются табло «Автом.топл. лев. (прав.). - Отказ», «ПОС.- Проверь», «ПОС двиг. - Проверь» («Демпфер. путей. - Неисправ.», «Демпф.продол. - Неисправн.);

- гаснут индексы на кнопках-лампах топливных насосов двигателей №1 и 2 (№3 и 4);

- отсутствуют показания суммарного количества топлива и количества топлива по очередям двигателей №1 и 2 (№3 и 4).

Действия экипажа:

- Доложить службе УВД.

- Выйти из зоны обледенения.

- Заход на посадку выполнять по системе типа СП или ILS.

Б. Система электроснабжения 36 В.

1. Горит табло «Перем.ток - Проверь» и работает сигнализация отключения одного трансформатора или есть сообщение БАСК.

Действия экипажа:

- Отключите отказавший трансформатор.

- Убедитесь по мнемосигнализации в наличии напряжения на шине отключенного трансформатора.

2. Горит табло «Перем.ток. - Проверь» и работает сигнализация отказа трансформаторов Тр1 и Тр4.

Действия экипажа:

- Проверьте напряжение Тр. Если оно в норме, поочередно отключите и повторно включите отказавшие Тр. Если признаки отказа сохраняются, отключите эти Тр до конца полета.

- Убедитесь по мнемосигнализации в наличии напряжения на шинах отключенных (отключенного) Тр.

3. Горит табло «Перем.ток. - Проверь» и работает сигнализация отказа трансформаторов Тр2 и Тр3. Действия экипажа:

- Убедитесь по вольтметру в наличии напряжения на левой и правой аварийных шинах 36 В (от Тр5 и Тр6).

- Проверьте напряжение Тр. Если оно в норме, выполните попытку их включения, как указано выше.

В. Система электроснабжения 27 В.

1. Горит табло «Пост.ток. - Проверь» и работает сигнализация отключения одной аккумуляторной батареи (Акк) или есть соответствующее сообщение БАСК.

Действия экипажа:

-Отключите отказавшую Акк.

2. Горит табло «Пост.ток. - Проверь» - работает сигнализация отключения одного ВУ.

Действия экипажа:

-Отключите отказавшее ВУ.

3. Горит табло «Пост. ток - Проверь» и работает сигнализация отключения двух ВУ.

Действия экипажа:

- Отключите отказавшие ВУ и проверьте их напряжение. ВУ с напряжением меньше 27 В отключите до конца полета, и ВУ с напряжением больше 27 В подключите на бортсеть и по амперметру убедитесь в подключении его под нагрузку.

- Убедитесь по мнемосигнализации в наличии напряжения на шинах отключенных (отключенного) ВУ.

4. Горит табло «Пост.ток. - Проверь» и работает сигнализация отключения трех ВЗ.

Действия экипажа:

- Отключите отказавшие ВУ, проверьте их напряжение и выполните попытка на повторное включение, как указано выше.

- Проверьте по амперметру, нагрузку работающего ВУ и отключите часть потребителей, если она превышает допустимую (200А) в случае, если не удалось отключить, хотя бы одно отказавшее ВУ.

5. При отказе всех четырех ВУ бортсеть 27 В автоматически переключается на аварийное питание от аккумуляторных

батарей (питаются только аккумуляторные шины). Горят табло «Питание» от аккумуля., «Пост. ток. - Проверь», и также сигнализация отказа всех ВУ.

Действия экипажа зависят от того, удалось или нет повторно включить отказавшие ВУ и сколько. Если не удалось включить отказавшие ВУ:

- проверьте включение выключателя резервирования бортов 27 В;

- проверьте работу аккумуляторов;

- отключите оборудование аварийных шин, без которого возможно завершить полет;

- доложите диспетчеру и выполните посадку на ближайшем аэродроме.

ВНИМАНИЕ! *Время питания от аккумулятора при отказе четырех ВУ увеличивается в 1,5-2 раза, чем при отказе четырех генераторов (не надо запускать ВСУ, питать ПТС-1600).*

6. Загорелось табло «АКК1 (2,3,4) перегрев» и гудит сирена. Необходимо отключить данный АКК.

7. Температура в отсеке аккумуляторных батарей выше +50°C.

Действия экипажа:

-Периодическим отключением обогрева Акк обеспечьте допустимую температуру в отсеке (не более +50°C).

8. Ток заряда аккумуляторной батареи превышает 15-20 А (через 1,5-2 часа полета).

Действия экипажа:

Поочередным отключением и включением Акк1 и Акк2 (или Акк3 и Акк4) определите батарею с указанным зарядным током и отключите ее до конца полета.

ВНИМАНИЕ! *1. Во всех случаях отказов источников электроэнергии, участков распределительной сети, элементов сигнализации измерительных приборов необходимо:*

а)если горит мнемосигнализация наличия напряжения на шинах, продолжить полет;

б)если мнемосигнализация наличия напряжения на шине не горит, проверить исправность ламп мнемосигнализации нажатием кнопки «Контроль ламп шин». Если лампы исправны, определите отказавшие потребители и примите решение о продолжении полета;

в)если при контроле напряжения или частоты показания вольтметра (достоянного или переменного тока) или частотомера будут отсутствовать или выходить за пределы, указанные в таблице 1.1, необходимо произвести измерение на другом источнике, если показания не изменяются, прибор считать неисправным и показаниями его не пользоваться до конца полета.

2. При появлении помех радиоприему, превышающих допустимый уровень, поочередным отключением и включением генераторов и ВУ определите источник помех и отключите его.

1.2.2 Основная система электроснабжения переменным током самолета Ту-204

Основная система электроснабжения переменным током стабильной частоты предназначена для питания однофазных и трехфазных потребителей электроэнергии переменного тока

номинальным напряжением 115/200 В номинальной частотой 400 Гц.

Основная система электроснабжения переменным током (рис.12) состоит из:

- системы генерирования СПЗС1Б60Н;
- распределительной сети переменного тока.

Конструктивно основная система электроснабжения переменного тока состоит из двух независимых подсистем левой и правой (рис.13). В левую (правую) подсистему переменного тока (рис.14) входят:

- основной генератор ГТ60НЖЧ12К N1 (N2), установленный на двигателе N1 (N2) в составе гидропривода ГП-26 N1 (N2);
- блок регулирования, защиты и управления генератора N1 (N2) БРЗУ 115 ВО N1 (N2).

Распределительная сеть левой (правой) подсистемы переменного тока.

Общими элементами левой и правой подсистем переменного тока являются:

- генератор ГТ60ПЧ8Б ВСУ;
- блок регулирования, защиты и управления генератора переменного тока ВСУ БРЗУ 115 ВО;
- штепсельный разъем аэродромного питания ШРАП-400-3Ф;
- блок контроля аэродромного источника питания БКНА 115 В.

В распределительной сети левой (правой) подсистемы имеются:

- шины генераторов N1 (N2);
- шины бытового оборудования.

Шины бытового оборудования обеспечивают питание потребителей бытового оборудования только при условии работы обоих основных генераторов N1 и N2. При отключении одного из генераторов переменного тока генераторов N1 или N2 в полете происходит автоматическое отключение шин бытового оборудования.

Кроме того, в системе имеются шины наземного питания, позволяющие обеспечить питание ряда систем непосредственно от ШРАП-400-39 при обесточенной основной сети.

В основном режиме работы системы переменного тока питание шин генераторов N1 и N2 и шин бытового оборудования осуществляются:

- а) При подготовке самолета и по окончании полета:

-от аэродромного источника электроэнергии через разъем ШРАП-400-3Ф;

-от генератора переменного тока ГТ60ПЧ8Б, установленного на ВСУ.

б) На всех этапах полета:

-от генераторов переменного тока ГТ90НЖЧ12К N1 и N2 соответственно.

Управление и контроль за работой системы электроснабжения переменным током осуществляется:

-со щитка электроснабжения;

-со щитка контроля электроснабжения;

-по экрану КИСС.

Система генерирования

Первичная система генерирования электрической энергии переменного тока обеспечивается генераторами со встроенным приводом, которые устанавливаются на каждом двигателе самолета.

Основным источником электрической энергии переменного тока в системе электроснабжения является синхронный трехфазный генератор типа ГТ60НЖЧ12. Генератор ГТ60НЖЧ12П (рис.15) предназначен для питания переменным током стабилизированного напряжения и частоты потребителей электрической энергии.

Генератор работает в системе электроснабжения переменным током постоянной частоты самолетов

Ту-204 и Ил-96. Поддержание постоянной частоты обеспечивается приводом постоянной частоты вращения, составляющим с генератором единый агрегат (привод-генератор ГП26).

Основные технические данные

Генератор ГТ60НЖЧ12К

Число фаз — 3

Соединение фаз — “звезда” с выведенной силовой нейтралью.

Чередование фаз — А - В - С.

Линейное напряжение — 208 В±2%.

Номинальная мощность — 60 кВ·А.

Номинальный ток — 167 А.

Частота вращения — 12000 об/мин ± 1%.

Частота — 400 Гц ±1%.

Коэффициент мощности — не менее 0,8.

Эксплуатационная нагрузка

30 кВ·А при $\cos \varphi$ не менее 0,8 (отстающий) - 80% ресурса,

60 кВ·А при $\cos \varphi$ не менее 0,8 (отстающий) - 20% ресурса.

ПРИМЕЧАНИЯ 1. В процессе эксплуатации генератор допускает перегрузки при $\cos \varphi$ не менее 0,8 (отстающий):

-90 кВ·А в течение 5 мин – по 4 раза на каждые 100 моточасов ресурса;

-120 кВ·А в течение 5 с – по 4 раза на каждые 500 моточасов ресурса.

2. Все виды перегрузок и короткие замыкания должны следовать с интервалом не менее 5 мин.

Подвозбудитель:

Число фаз — 3.

Соединение фаз — «звезда» с выведенной нейтралью.

Чередование фаз — 6 - 5 - 4.

Напряжение холостого хода при частоте вращения 12000 об/мин — 45,5 – 48,3 В.

Частота — 800 Гц \pm 1%

Возбуждение — от постоянного магнита типа “звездочка”.

Схема генератора ГТ60НЖЧ12П представлена на рис.15. Генератор представляет собой четырехполюсный бесщеточный генератор со встроенным трехфазным возбудителем переменного тока и вращающимся блоком диодов, соединенных в мостовую схему и предназначенных для питания обмотки возбуждения основного генератора постоянным током.

Для осуществления автономности возбуждения, а также для питания цепей защиты и управления на одном валу с генератором (Г) и возбудителем (В) размещен трехфазный подвозбудитель (ПВ) (генератор управления) с возбудителем от постоянного магнита.

Во внутренней полости генератора на лобовой части статора основного генератора расположены токовые трансформаторы системы дифференциальной защиты генератора и его фидера от коротких замыканий.

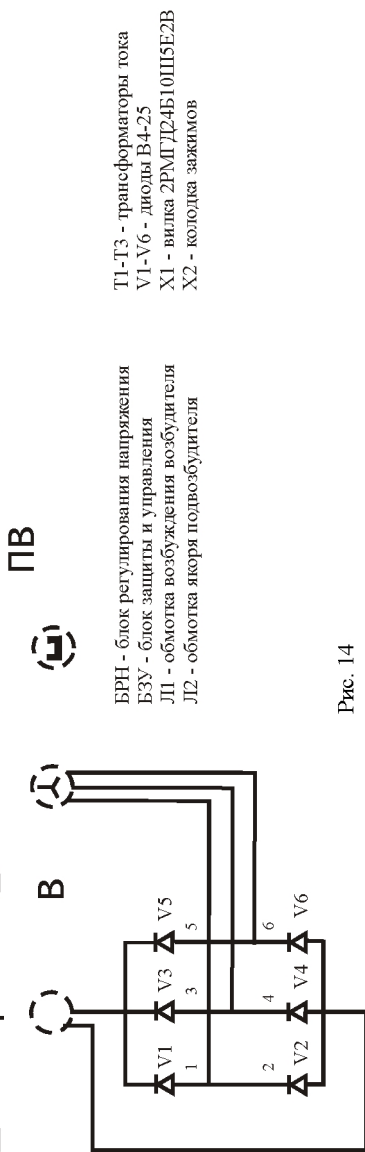
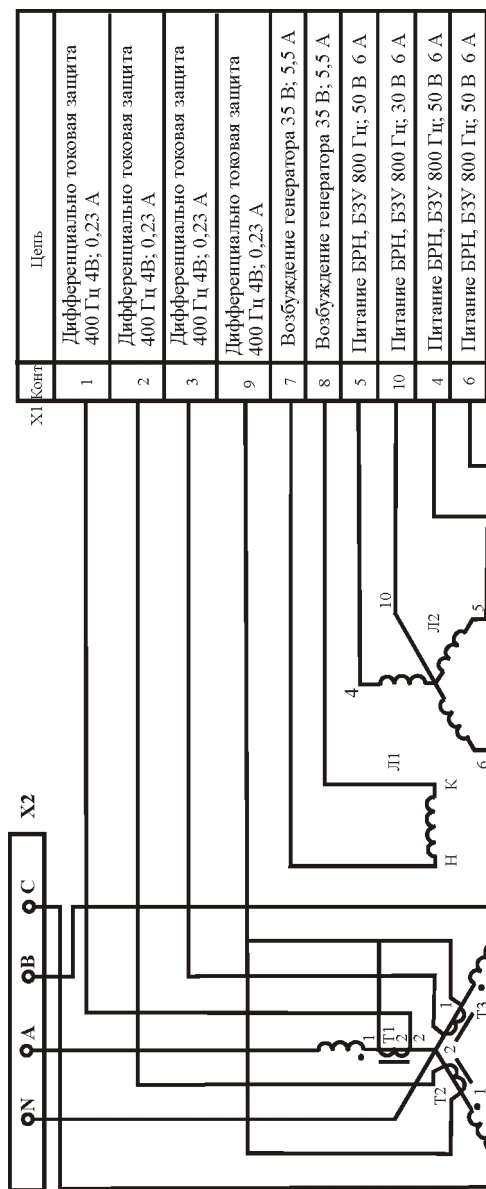


Рис. 14

Характеристики синхронных генераторов

Электрические свойства синхронных генераторов определяются их характеристиками: холостого хода, короткого замыкания, внешней и регулировочной.

Характеристика холостого хода устанавливает зависимость фазного напряжения генератора от тока возбуждения при постоянной скорости вращения (рис.16):

$$U_{\phi} = f(I_B) \text{ при } \omega = \text{const}; I_{\phi} = 0.$$

По характеристике холостого хода определяют параметры насыщения критического сопротивления по цепи возбуждения и устойчивости самовозбуждения. Для авиационных генераторов с постоянной скоростью вращения процент магнитного насыщения:

$$\mu_n = \frac{U_0}{U_n} \cdot 100\%,$$

где U_0 – отрезок на оси ординат, отсекаемый касательной к характеристике в рабочей точке ($i_B = i_{Bн}$);

U_n - номинальное напряжение и берется $\mu_n = 40\%$.

Коэффициент статической устойчивости S_B возбуждения определяется соотношением

$$S_B = \frac{R_B}{\frac{du}{di_B}} - 1.$$

Характеристика короткого замыкания показывает зависимость тока короткого замыкания от тока возбуждения при постоянной скорости вращения (рис. 17).

$$I_k = f(I_B) \text{ при } \omega = \text{const}; U_{\phi} = 0.$$

Соотношения между токами короткого замыкания трехфазным, двухфазным и однофазным следующие:

$$I_{k3} : I_{k2} : I_{k1} = (2,0 - 3)I_n : (3,0 - 4)I_n : (4,0 - 5)I_n.$$

По характеристике холостого хода и короткого замыкания определяются основные электрические параметры синхронного генератора; как ОКЗ, синхронный реактанс по продольной оси x_d , синхронный реактанс по поперечной оси x_q , реактанс обратной последовательности x_2 и реактанс нулевой последовательности x_0 .

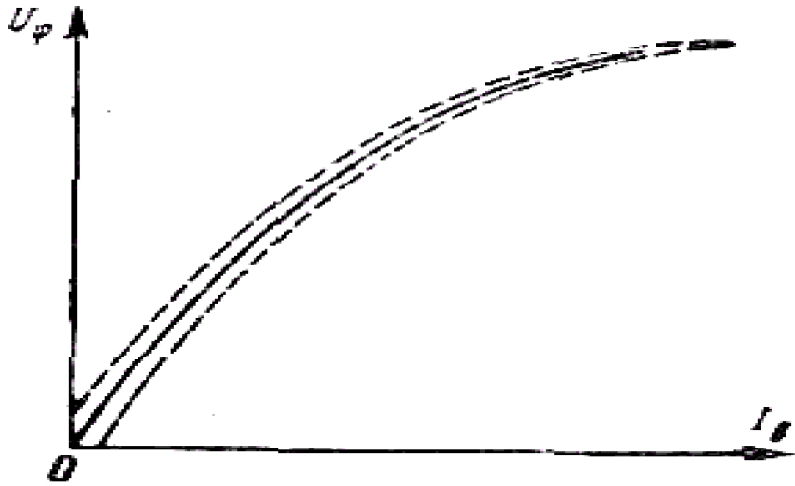


Рис. 16. Характеристика холостого хода СТ

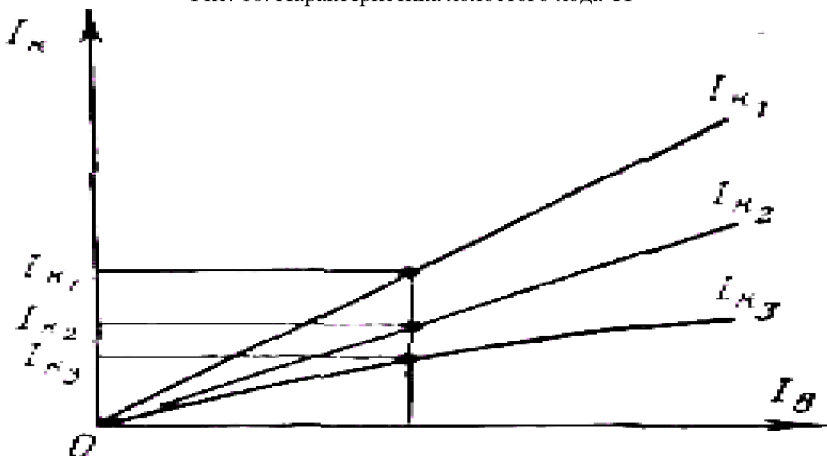


Рис. 17. Характеристики короткого замыкания

В синхронных машинах авиационного типа с явно выраженными полюсами $OKЗ = 0,6 \div 0,7$, а остальные параметры в относительных единицах имеют следующие значения:

$$x_d = 1,4 \div 1,65; x_q = 0,85-1,2; x_2 = 0,15-0,25;$$

$$x_o = 0,06 \div 0,1; x_s = 0,12 \div 0,15;$$

$$x_d = x_{da} + x_s; x_q = x_{qa} + x_s,$$

где x_{da} , x_{qa} - реактанцы от реакции якоря;

x_s - реактанс от потока рассеяния, создаваемого токами обмотки якоря.

Внешней характеристикой называется зависимость фазного напряжения от тока фазы при постоянном значении тока возбуждения, постоянной величине скорости вращения и постоянном значении $\cos \varphi$ (рис. 18):

$$U_{\phi} = f(I_{\phi}) \text{ при } I_B = \text{const}; \omega = \text{const}; \cos \varphi = \text{const}.$$

При этой характеристике определяется процентное повышение и понижение напряжения, имеющие важное значение для суждения о качестве синхронного генератора как объекта регулирования напряжения. Под процентным понижением напряжения понимается отношение $\Delta U_2 = (U_{но} - U)100\% / U_{но}$,

где $U_{но}$ - номинальное напряжение генератора в режиме холостого хода;

U - напряжение генератора при номинальной нагрузке.

Под процентным повышением напряжения понимается отношение $\Delta U_1 = (U_o - U_n)100\% / U_n$

где U_n - номинальное напряжение генератора при номинальной нагрузке;

U_o - напряжение холостого хода при том же токе возбуждения.

Для авиационных генераторов $\Delta U_2 \leq 40\%$; $\Delta U_1 \leq 50\%$. Если ΔU_1 и ΔU_2 имеют большее значение, то такой генератор к эксплуатации не допускается, так как очень трудно обеспечить автоматическую стабилизацию напряжения.

Регулировочная характеристика показывает зависимость тока возбуждения от тока нагрузки генератора при постоянной величине напряжения на фазах генератора, постоянной скорости вращения и постоянном $\cos \varphi$ (рис. 19):

$$I_B = f(I_{\phi}) \text{ при } U_{\phi} = \text{const}, \\ \omega = \text{const}; \cos \varphi = \text{const}.$$

Имея семейство регулировочных характеристик, можно определить кратность изменения тока возбуждения при изменении тока нагрузки генератора и $\cos \varphi$ при которой напряжение на зажимах генератора будет постоянным.

Для авиационных синхронных генераторов кратность изменения тока возбуждения при чисто индуктивной нагрузке составляет $2 \div 2,5$.

После запуска основных двигателей и выхода их на режим малого газа лампы ППО 1 и ППО 2 переключателей кнопочных отключения ППО гаснут.

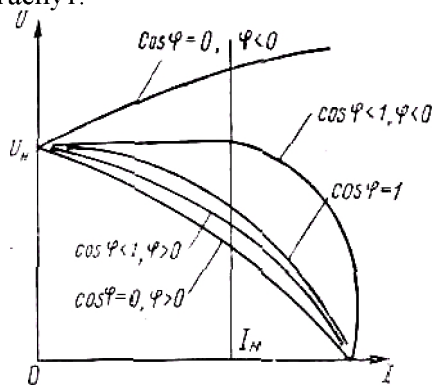


Рис. 18. Внешние характеристики СГ

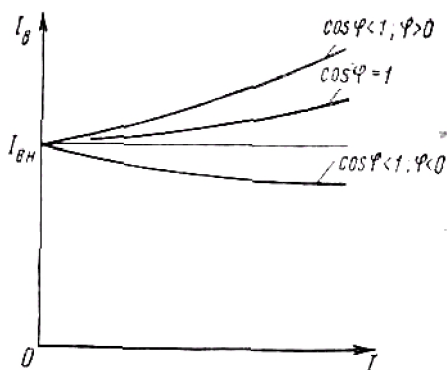


Рис. 19. Регулировочные характеристики СГ

При включении генератора переменного тока (рис.13) нажатием на кнопки Г1, Г2 переключателей кнопочных при положительном результате встроенного контроля в БРЗУ115RO №1 и №2 соответственно происходит выдача сигнала с клеммы 21 соответствующего БРЗУ115RO на контактор (9), включающий при своем срабатывании генератор на шины своей сети. При этом гаснет лампа ОТКЛ. переключателя кнопочного соответствующего генератора.

При включении на сеть обоих генераторов гаснут лампы ВКЛ. переключателей РАП или Г_{ВСУ}.

На кадре ЭС КИСС будет следующая сигнализация (после включения Г1 и Г2);

- символы Г1 и Г2 и перемычки подключения их к шинам своих сетей – зеленого цвета;

- символ «ВСУ» - белого цвета.

При отказе одного из генераторов в полете загорается сигнализация Г1 (Г2) переключателя кнопочного данного генератора.

На экране КИСС появляется сигнал ГЕНЕРАТОР ОТКАЗ.

На кадре ЭС КИСС загорается сигнализация:

- символ отказавшего генератора «Г1» («Г2») желтого цвета;

- гаснет перемычка подключения отказавшего генератора к шинам сети;

- загорается перемычка соединения левой и правой сети, что свидетельствует об автоматическом подключении сети с отказавшим генератором к исправному генератору.

В этом случае для уменьшения нагрузки на работающий генератор происходит автоматическое отключение шин бытового оборудования.

При снижении давления масла в маслосистеме ГП-26 ниже нормы происходит выдача сигнала с клеммы 4:Х2 ГП-26. Если при этом двигатель работает на оборотах выше малого газа, данный сигнал свидетельствует о возникновении опасного режима работы ГП-26.

При появлении данного сигнала загорается лампа ППО I (ППО 2) переключателя кнопочного неисправного ППО и одновременно на экране КИСС появляется сигнал ОТКЛЮЧИ ППО.

При возникновении такой ситуации необходимо отключить ППО путем кратковременного нажатия кнопочного переключателя неисправного ППО. При этом происходит механическое расцепление ГП-26 и двигателя и загорается лампа ОТКЛ. данного ППО и лампа Г1 (Г2) переключателя кнопочного генератора, входящего в состав данного ППО. Повторное подключение ГП-26 к двигателю возможно только вручную после останова двигателя.

При недопустимом повышении температуры в приводе-генераторе или увеличении его оборотов выше допустимого

происходит автоматическое отключение ГП-26. При этом, как и в предыдущем случае, происходит загорание лампы переключателя кнопочного ППО I (ППО 2) и появление на экране КИСС сигнала ОТКЛЮЧИ ППО в связи с падением давления масла в маслосистеме ГП-26 при его останове. Однако появление данных сигналов сопровождается загоранием ламп Г1 (Г2) соответствующего генератора и появлением сигнала ОТКЛЮЧИ ГЕНЕРАТОР на экране КИСС.

Для снятия этих сигналов необходимо, как и в случае появления сигнала, требующего ручного отключения привода, нажать переключатель кнопочный отключенного ППО. При этом загорится лампа ОТКЛ данного переключателя кнопочного и снимется сигнал ОТКЛЮЧИ ППО с экрана КИСС.

Сигналы на все перечисленные выше лампы переключателей кнопочных проходят через блоки БСС-I №3 в левой подсистеме и БСС-I №4 в правой подсистеме из комплекта САС-7, обеспечивающие контроль исправности ламп и регулировку их яркости.

Включение БСС-I №3 и БСС-I №4 на режим контроля ламп осуществляется нажатием кнопки КОНТР. ЛАМП на щитке освещения и сигнализации, а переключение на различные режимы яркости производится выключателем ДЕНЬ-НОЧЬ, установленные там же.

Светосигнализаторы ОТКАЗ РАП и ОТКАЗ БКН проверяются при нажатии на кнопку КОНТР. ЛАМП, расположенную на щитке контроля бытового оборудования.

Система регулирования, защиты и управления

Регулирование, защита и управление генератора осуществляется специальным блоком БРЗУ 115 ВО (рис.13).

Блок БРЗУ 115 ВО (БРЗУ 115 ВО-I) предназначен для регулирования напряжения, защиты и управления каналом в системах генерирования трехфазного переменного тока стабильной частоты с бесщеточным генератором и встроенным трехфазным возбуждателем, имеющими выведенные нейтрали.

Основные технические данные

Диапазон напряжения питания:
постоянного тока 24-29,4 В,

переменного трехфазного тока
частотой $800 \text{ Гц} \pm 5\%$ (фазное) 22-29 В.

Потребляемый ток:

постоянный - не более 3,5 А;

переменный:

частотой 400 Гц не более 0,04 А,

частотой 800 Гц не более 3 А.

Нормальное регулируемое:

напряжение трехфазного тока,

частотой 400 Гц (фазное) 117 В.

Статистическая погрешность регулирования напряжения по среднему значению трех фаз при изменении симметричной линейной нагрузки генератора от 0 до номинальной с $\cos\varphi=0,8-1,0$ и частоте генератора в диапазоне 380-420 Гц - не более $\pm 2 \text{ В}$ (в пределах 115-119 В).

Функции управления:

выдача сигнала на включение электромагнита воздушной заслонки в системах с пневмоприводом при выполнении следующих условий:

-включен выключатель $V_{\text{кн}}$;

-снят запрет $n\downarrow$ дв (по сниженным оборотам двигателя);

Снятие сигнала на включение электромагнита воздушной заслонки в системах с пневмоприводом при выполнении одного из следующих условий:

-выключен выключатель $V_{\text{кн}}$;

-подан запрет $n\downarrow$ дв;

-сработала любая из защит (отключение необратимое), кроме защиты от сильного снижения частоты.

а) включение возбуждения генератора при выполнении следующих условий:

-включен выключатель $V_{\text{кн}}$,

-снят запрет $n\downarrow$ дв,

-частота вращения генератора лежит в пределах, соответствующих частоте переменного напряжения генератора не ниже $(385 \pm 5) \text{ Гц}$ и не выше $(415 \pm 5) \text{ Гц}$.

б) отключение возбуждения генератора при невыполнении одного из следующих условий:

-включено возбуждение генератора,
-напряжение генератора во всех фазах выше (111 ± 3) В, но ниже (126 ± 3) В,

-в канале генерирования нет обнаруживаемой ВСК (встроенным самоконтролем) неисправности.

в) снятие сигнала на включение контактора генератора при выполнении одного из условий:

-выключен выключатель $V_{кн}$,

-выключено возбуждение генератора одной из защит;

г) снижение напряжения, пропорциональное снижению частоты, что обеспечивает ограничение мощности, отбираемой от привода в режимах короткого замыкания (КЗ) в сети;

д) выдача сигнала на расцепление привода от двигателя в системах с гидроприводом или интегральным приводом-генератором при срабатывании защиты от сильного повышения частоты (разнос);

е) снятие сигнала на расцепление привода от двигателя при снижении частоты его вращения ниже уровня срабатывания защиты от сильного снижения частоты (разнос);

ж) выдача сигнала Г (готовность) при положительном результате ВСК;

з) выдача сигнализации о перегрузке при токе генератора 1,02-1,32 номинального с выдержкой времени (4 ± 1) с.

Виды зашит:

а) от коротких замыканий в генераторе или его фидере;

б) от повышения в любой из фаз выше уровня (126 ± 3) В с обратозависимой вольт-секундной характеристикой, со следующими значениями выдержки, времени при однофазном повышении напряжения:

-132 В- 0,5-6 с,

-140 В- 0,2-1,4 с,

-150 В- 0,1-0,8 с.

Наибольшая выдержка времени 6,9 с.

в) от снижения напряжения в любой из фаз ниже уровня (104 ± 3) В с выдержкой времени $(6\pm 0,9)$ с;

г) от отклонения частоты ниже (375 ± 5) Гц или выше (425 ± 5) Гц с выдержкой времени $(6\pm 0,9)$ с;

д) от сильного повышения частоты (разнос) выше уровня 465-480 Гц без выдержки времени;

е) обратимая защита от сильного снижения частоты (останов) ниже уровня 320-335 Гц без выдержки времени;

ж) от работы при полностью открытом регуляторе напряжения блока и от нулевой последовательности в напряжении генератора более $(3 \pm 1,5)$ В с выдержкой времени $(6 \pm 0,9)$ с.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Все защиты необратимого действия. Снятие блокировки сработавшей защиты происходит при выключении напряжения на БРЗУ 115 ВО-1.

2. При проверке уровень срабатывания защиты от напряжения нулевой последовательности определяется как разность фазных напряжений генератора не более $(9 \pm 4,5)$ В;

з) от короткого замыкания на шинах генератора и от подключения парного канала к короткозамкнутым шинам.

Блок обеспечивает следующие функции по контролю и диагностированию состояний канала систем генерирования:

а) проверку качества электроэнергии до включения канала в сеть;

б) проверку исправности и вторичного источника питания блока;

в) проверку исправности регулятора напряжения блока;

г) диагностирование отказов сменных изделий канала генерирования (рис.3):

-привода постоянной частоты вращения (сигнал $H_{ГРВ}$),

-генератора-фидера (сигнал $H_{ГТФ}$),

-блока регулирования, защиты и управления (сигнал $H_{БРЗУ}$).

Защита по частоте работает от подвозбудителя генератора, частота напряжения которого пропорциональна частоте вращения привода и равна 800 Гц при частоте напряжения генератора 400 Гц.

Блок имеет входы, обеспечивающие его работу с блоком параллельной работы (БУПР2).

Режим работы - продолжительный.

Масса блока:

БРЗУП5ВО не более 3,8 кг,

БРЗУП5ВО-1 не более 4,4 кг.

Конструкция

Блок выполнен на элементах радиоэлектроники, отвечающих требованиям комплексной миниатюризации, которые размещены на печатных платах в виде функциональных узлов.

Общие сведения

Назначение

Блок БРЗУ 115 В0 (БРЗУ 115 В0-1) (рис.1) предназначен для регулирования напряжения, защиты и управления каналом в системах генерирования трехфазного переменного тока стабильной частоты с бесщеточным генератором и встроенным трехфазным подвозбудителем имеющими выведенные нейтралы.

Блоки БРЗУ 115 В0, БРЗУ11В0-1 имеют однотипную конструкцию, но блок БРЗУ 115 В0-1 отличается от основного исполнения тем, что входящие функциональные узлы залиты компаундом ПКФ-68, благодаря чему обеспечивается возможность работы блока в условиях воздействия атмосферных конденсированных осадков.

Основные технические данные

- постоянного тока 24-29,4 В,
- переменного трехфазного тока частотой 800 Гц+5% (фазное) 22-29 В.

ПРИМЕЧАНИЕ: в блоке не должно происходить ложных отключений при аварийном снижении напряжения питания постоянного тока до 18 В (обеспечивается наличием резервного источника питания).

Потребляемый ток

- постоянный не более 3,5 А;
- переменный:
 - частотой 400 Гц не более 0,04 А;
 - частотой 800 Гц не более 3 А.

Номинальное регулируемое напряжение трехфазного тока

частотой 400 Гц (фазное) 117 В.

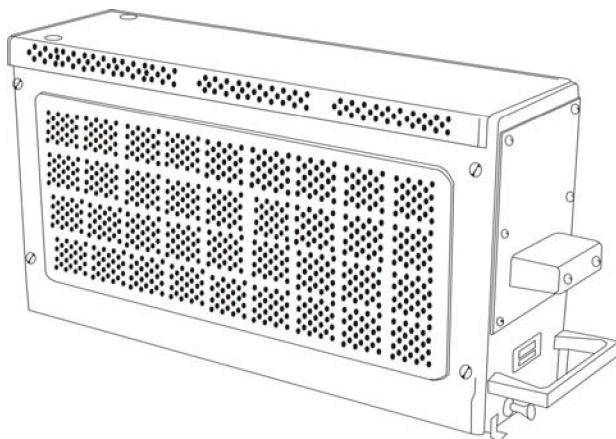


Рис. 20. Блок БРЗУ 115 ВО

Статическая погрешность регулирования напряжения по среднему значению трех фаз при изменении симметричной линейной нагрузки генератора от 0 до номинальной с $\cos\varphi=0,8-1,0$ и частоте генератора в диапазоне 380-420 Гц - не более ± 2 В (в пределах 115-119 В).

ПРИМЕЧАНИЕ: – указанная статическая погрешность обеспечивается при выполнении следующих условий:

– коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения в установившемся режиме не превышает 8% при трехфазной двухполупериодной трансформаторно-выпрямительной нагрузке, равной 25% от мощности канала;

– разность нагрузок наиболее и наименее нагруженных фаз не превышает 10 % номинальной мощности канала или 30% мощности фазы при небалансе фазных напряжении не более 3 В.

Модуляция напряжения в установившемся режиме работы не - более 3,5 В.

Фазное напряжение при обрыве одной фазы частотой 400 Гц - не более 130 В, двух фаз - не более 135 В.

Повышение напряжения, поддерживаемого блоком, при подаче на Х1:42Н напряжения $+5$ В через сопротивление, равное 51 кОм, - в пределах $(3\pm 0,5)$ В.

Функции управления:

а) выдача сигнала на включение электромагнита воздушной заслонки в системах с пневмоприводом при выполнении следующих условий:

- включен выключатель $V_{кн}$;
- снят запрет $n\downarrow дв$ (по сниженным оборотам двигателя).

б) снятие сигнала на включение электромагнита воздушной заслонки в системах с пневмоприводом при выполнении одного из следующих условий:

- выключен выключатель $V_{кн}$;
- подан запрет $n\downarrow дв$;
- сработала любая из защит (отключение необратимое), кроме защиты от сильного снижения частоты.

в) включение возбуждения генератора (сигнал V_r) при выполнении следующих условий:

- включен выключатель $V_{кн}$;
- снят запрет $n\downarrow дв$;
- частота вращения генератора лежит в пределах, соответствующих частоте переменного напряжения генератора не ниже (385 ± 5) Гц и не выше (415 ± 5) Гц.

г) отключение возбуждения генератора при выполнении одного из следующих условий:

- выключен выключатель $V_{кн}$;
- подан запрет $n\downarrow дв$;
- сработала любая из необратимых защит;
- сработала обратимая защита от сильного снижения частоты.

д) выдача сигнала на включение контактора генератора при выполнении следующих условий:

- включено возбуждение генератора;
- напряжение генератора во всех фазах выше (111 ± 3) В, но ниже (126 ± 3) В;
- в канале генерирования нет обнаруживаемой ВСК (встроенные самоконтролем) неисправности.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. При снятии сигнала $зКн$ (запрет контактора генератора) после включения выключателя $V_{кн}$ контактор генератора включается без режима ВСК.

2. В момент выдачи сигнала на включение контактора генератора отсутствуют сигналы к.в.Ко1, к.в.Ко2 (со вспомогательных контактов контакторов объединения) или при наличии хотя бы одного из этих сигналов присутствует сигнал Кнп (на включение контактора генератора парного канала);

е) снятие сигнала на выключение контактора при выполнении одного из условий:

– выключен выключатель $V_{кн}$;

– выключено возбуждение генератора одной из защит.

ж) снижение напряжения, пропорциональной снижению частоты, что обеспечивает ограничение мощности, отбираемой от привода в режимах короткого замыкания (КЗ) в сети;

и) выдача сигнала на расцепление привода от двигателя в системах с гидроприводом или интегральным приводом-генератором при срабатывании защиты от сильного повышения частоты (разнос);

к) снятие сигнала на расцепление привода от двигателя при снижении частоты его вращения ниже уровня срабатывания защиты от сильного снижения частоты (разнос);

л) выдача сигнала Г (готовность) при положительном результате ВСК с последующим подхватом любым из сигналов $K_{н}$, к.в. $K_{н}$ или $зК_{н} * V_{Г}$;

м) выдача сигнализации о перегрузке при токе генератора 1,02-1,32 номинального с выдержкой времени (4 ± 1) сек.

Виды защит:

а) от коротких замыканий в генераторе или его фидере при напряжении переменного тока более $(1,8 \pm 0,2)$ В, подаваемой на входы Х1:9Н, 10Н через диод или без диода на вход Х1:18Н и один из входов Х1:8Н, Х1:16Н, Х1:26Н, Х1: 35Н, Х1:55Н, Х1:56Н;

б) от повышения напряжения в любой из фаз выше уровня (126 ± 3) В с обратнoзависимой вольт-секундной характеристикой, со следующими значениями выдержки времени при однофазном повышении напряжения:

– 132 В - 0,5-6 сек;

– 140 В - 0,2-1,4 сек;

– 150 В - 0,1-0,8 сек.

Наибольшая, выдержка времени 6,9 сек;

в) от снижения напряжения в любой из фаз ниже уровня (104 ± 3) В с выдержкой времени $(6 \pm 0,9)$ сек;

г) от отклонения частоты ниже (375 ± 5) Гц или выше (425 ± 5) Гц с выдержкой времени $(6 \pm 0,9)$ сек;

д) от сильного повышения частоты (разнос) выше уровня 465-480 Гц без выдержки времени;

е) обратимая защита от сильного снижения частоты (останов) ниже уровня 320-335 Гц без выдержки времени;

ж) от работы при полностью открытом регуляторе напряжения блока и от нулевой последовательности в напряжении генератора более $(3 \pm 1,5)$ В с выдержкой времени $(6 \pm 0,9)$ сек.

Конструкция БРЗУ

Блок (рис.20) выполнен на элементах радиоэлектроники, отвечающих требованиям комплексной минитюаризации, которые размещены на печатных платах в виде функциональных узлов. Корпус блока соответствует типоразмеру 1,5 К по ГОСТ 23701-79.

Функционирование БРЗУ

Логика защит и управления возбуждением, контактором нагрузки: генератора и приводом имеет следующий вид:

Команда на контактор нагрузки генератора:

$$K_n = K_{nl} + K_{ny},$$

где K_{ny} – защита от перегрузки;

K_{nl} – защита по напряжению.

Логика встроенного самоконтроля обеспечивает проверку исправности канала каждый раз после включения выключателя генератора за время не более 3 с. Разрешение на включение контактора генератора выдается только при положительном результате контроля.

Работа ВСК (рис.21) описывается следующими функциями.

Стимул, по которому измерители устанавливаются в положение, соответствующее нормальному значению параметра.

После того, как в течение одной секунды будет зафиксировано отсутствие отклонений параметров, выдаются стимулы $KU \uparrow$ и СПРВ, удерживающие во включенном состоянии пневмопривод.

После развозбуждения генератора выдаются стимулы $K_{кз}$, $K_{ду}$, K_f и запускается контрольная выдержка времени t_k .

Ответом блока на стимулы является сигнал τU_i , при появлении которого выдается запрет неисправности.

После снятия стимулов и отпускания всех измерителей выдается сигнал ВСК, разрешающий включение канала.

Диагностирование отказов осуществляется в соответствии со следующими функциями.

Неисправность в зоне привода (память об отклонении частоты от нормы в момент появления неисправности).

ПРИМЕЧАНИЕ: в зону привода, кроме собственно привода, входит еще и провод от подвозбудителя до блока, по которому передается информация о частоте.

Неисправность в зоне «генератор-фидер». Память о том, что в момент появления неисправности было снижение напряжения хотя бы в одной из фаз, которое сопровождалось или повышением напряжения в другой фазе, или коротким, замыкание или наличием напряжения нулевой последовательности, или полным открытием регулятора блока.

ПРИМЕЧАНИЕ: к зоне «генератор-фидер» отнесены провода, идущие в блок из точки регулирования для измерения напряжения генератора, а также одновременный отказ двух проводов от подвозбудителя до блока (не используемых для измерения частоты).

Неисправность в зоне блока БРЗУ 115 В0.

ПРИМЕЧАНИЕ: к неисправностям в зоне блока БРЗУ 115 В0 относятся такие, отказы в генераторном и сетевом блоках трансформаторов тока и в уравнительных соединениях дифференциальной защиты. Регулятор напряжения, входящий в блок (функциональная схема регулятора представлена на рис.22), поддерживает в заданных пределах среднее по трем фазам напряжение в симметричных режимах и ограничивает наибольшее из фазных напряжений в аварийных несимметричных режимах работы системы генерирования.

Как видно из блок-схемы, представленной на рис.22, а, фазные напряжения, снимаемые с точки регулирования через разделительные трансформаторы, преобразуются в сигналы постоянного тока, пропорциональные фазным напряжениям, и в сигнал, пропорциональный среднему напряжению трех фаз.

Сигналы постоянного тока вместе с сигналом, пропорциональным снижению частоты, поступают на схему выделения наибольшего напряжением:

– в полнофазном режиме при нормальной частоте - наибольший сигнал напряжение среднее по трем фазам;

– в неполнофазном режиме - наибольший сигнал - напряжение в одной из фаз, при снижении частоты наибольший сигнал - напряжение, пропорциональное снижению частоты.

Эта сумма поступает на вход компаратора, где сравнивается с опорным напряжением. Полученный таким образом широтно-модулированный сигнал (рис.23) после усиления идет на управление током возбуждения возбудителя.

На рис.22 пунктиром показано изменение сигнала на выходе компаратора при снижении напряжения генератора.

В несимметричных режимах, когда хотя бы один из сигналов, пропорциональный фазному напряжению, становится больше сигнала, пропорционального напряжению, среднему по трем фазам, регулятор работает в режиме ограничения фазного напряжения. В режиме снижения частоты, когда сигнал, пропорциональный снижению частоты, становится больше сигнала, пропорционального напряжению, среднему по трем фазам, регулятор работает при напряжении, пропорциональном частоте что обеспечивает ограничение мощности при работе с гидролопаточными приводами в режимах КЗ в сети. Эталонное напряжение, подаваемое на компаратор, представляет собой сумму трех сигналов: собственно эталонного сигнала, сигнала с распределителя реактивной мощности БРРМ (при наличии параллельной работы) и сигнала с корректирующего звена, обеспечивающего требуемое качество переходных процессов в системе регулирования.

Питание обмотки возбуждения возбудителя (ОВВ), осуществляется выпрямленным напряжением подвозбудителя, подключение которого к регулятору напряжения производится по внешнему сигналу В.

Для защиты выходного транзистора усилителя мощности от перенапряжений при коммутации индуктивности используется устройство рекуперации энергии, запасаемой в ОВВ.

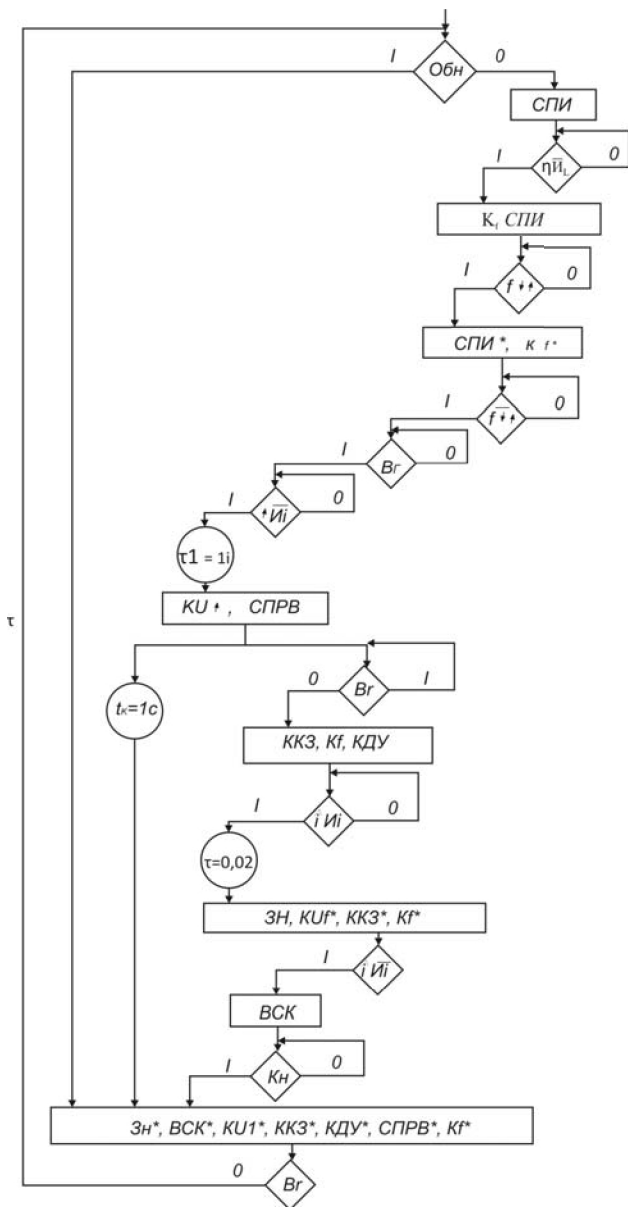


Рис. 21. Работа ВСК

Измеритель защиты по частоте получает информацию от подвозбудителя генератора. Принцип измерения основан на сравнении длительности периода входного сигнала с длительностью эталонного сигнала.

Измеряемый сигнал (рис.23) после трансформатора и фильтра поступает на вход формирователя импульсов, который состоит из компаратора и счетного триггера. На выходе формирователя получаем импульсы с крутыми фронтами, длительность которых равна периоду входного сигнала.

Этими импульсами запускается эталонный одновибратор (ОВО).

Сигнал с ОВО используется не только в блоке частоты, но и выдается в блок защиты сети в схему ограничения напряжения. Выходы с формирователя и одновибратора ОВО подключены к входам схемы совпадения и к входам собирательной схемы. Схема совпадения выделяет из двух импульсов, поступающих в нее, импульс наименьшей длительности, а собирательная схема - импульс наибольшей длительности.

Интервал времени между задними фронтами выходов схемы совпадения и собирательной схемы соответствует разнице в длительности входного и эталонного сигналов.

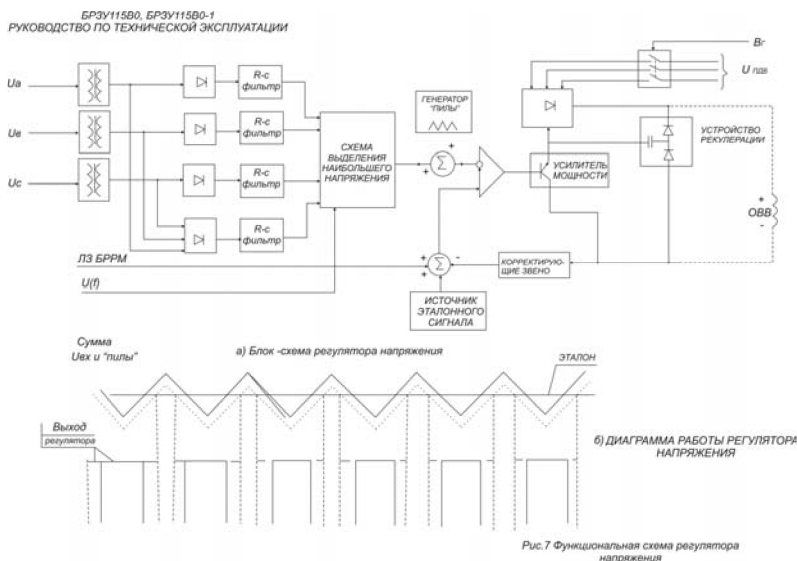


Рис. 22. Функциональная схема регулятора напряжения

Выход схемы совпадения запускает двухступенчатый одновибратор. Длительность ступеней двухступенчатого одновибратора определяется уровнями срабатывания защит и равна разности периодов при номинальной частоте (этой частоте соответствует одновибратор ОВО) и при частоте срабатывания защиты.

Выходные сигналы двухступенчатого одновибратора подаются на синхронизирующие входы Д-триггеров, входы Д которые подключены к выходу собирательной схемы. На выходе Д-триггера фиксируется сигнал о недопустимом отклонении частоты, если в момент окончания работы соответствующей ступени одновибратора ещё есть сигнал на выходе собирательной схемы.

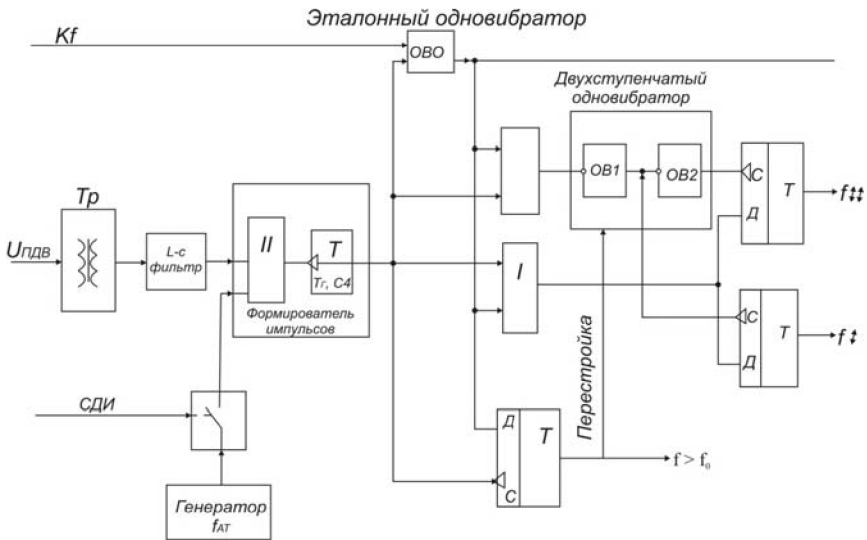


Рис.23. Блок-схема измерителя защиты по частоте

Для определения знака отклонения частоты используется Д-триггер, вход Д которого подключен к выходу эталонного одновибратора, а вход С - к выходу формирователя импульсов. Если частота выше номинальной, то по заднему фронту сигнала с формирователя импульсов на выходе триггера запоминается логическая «1», поступающая на вход Д с ОВО. Сигнал о знаке отклонения частоты используется для разделения сигнала $f \uparrow \downarrow$, на

$f \downarrow$ и $f \uparrow$, а также для перестройки двухступенчатого одновибратора, имеющего разную настройку в зависимости от знака отклонения частоты.

После отключения возбуждения какой-либо защитой формирователь импульсов по сигналу СПИ - см. формулу (10) отключается от входа и подключается к генератору импульсов эталонной частоты. Это необходимо для выявления отказавшего блока или системы генерирования.

Стимул контроля K_f -при контроле перестраивает времязадающую цепь эталонного одновибратора.

Измеритель защиты по напряжению реагирует на напряжения в каждой из фаз. Напряжение генератора (рис.24) подается в измеритель с понижающих разделительных трансформаторов:

Напряжение каждой из фаз выпрямляется двухполупериодным выпрямителем и фильтруется R-C фильтром. Затем оно подается в схемы выделения наибольшего и наименьшего значения. Эти значения напряжения сравниваются каждое на своем компараторе с эталонным значением. На выходе компараторов получаем сигналы $U \downarrow$ и $U \uparrow$, которые наряду с сигналами с других защит запускают выдержку времени. Сигнал t с выхода выдержки времени используется для отключения канала.

Если выдержка времени запущена сигналом $U \uparrow$, то ее значение уменьшается пропорционально степени повышения напряжения по сигналу $I(U \uparrow)$ от источника тока, управляемого напряжением. Для диагностирования отказов на вход измерителей по сигналу СПИ - см.формулу (10) после отключения возбуждения подается напряжение, равное номинальному. При контроле в измеритель подается стимул $KU \uparrow$, по которому сначала появляется сигнал $U \uparrow$, а затем после отключения возбуждения сигнал $U \downarrow$.

Защита от короткого замыкания представляет собой дифференциальную продольную токовую защиту, охватывающую зону генератора и его фидера. На рис. 25 показана функциональная схема этой защиты. Токи начала и конца контролируемой зоны сравниваются на балластных резисторах, расположенных в сетевом блоке трансформаторов тока БТТ. Уравнительные цепи, связывающие генераторный и сетевой БТТ, заходят в блок БРЗУ115Б0.

Сигнал, пропорциональный разности сравниваемых токов, выпрямляется и поступает на компаратор. Если входной сигнал превышает заданный уровень 0,5-0,3 номинального тока, то компаратор срабатывает и сигнал с его выхода, пройдя через R-C фильтр, обеспечивающий помехозащищенность, поступает в логику защит.

Диагностирующее устройство ДУ (рис.26) предназначено для того, чтобы отличить обрывы и короткие замыкания в зоне «генератор-фидер» от ложных срабатываний защиты $U\downarrow$ блока. Кроме того, сигнал с ДУ используется для отключения неисправного канала наряду с другими защитами и дублирует их.

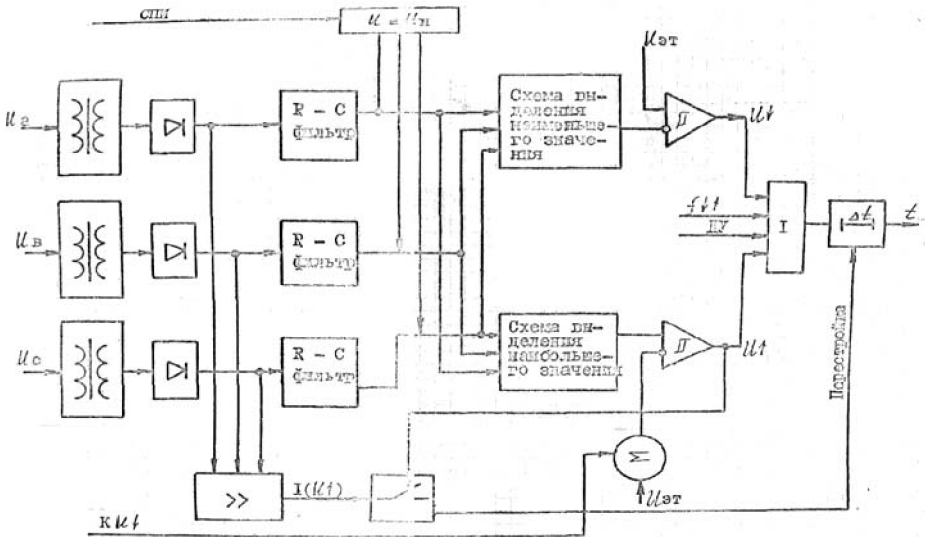


Рис. 24. Измеритель защиты по напряжению

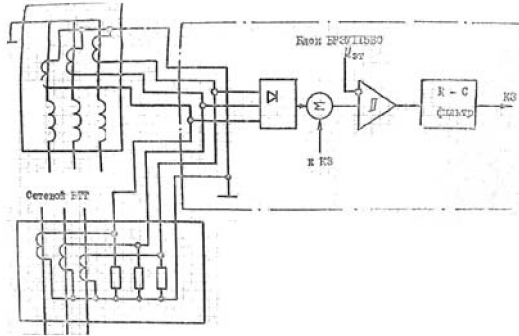


Рис. 25. Защита от короткого замыкания

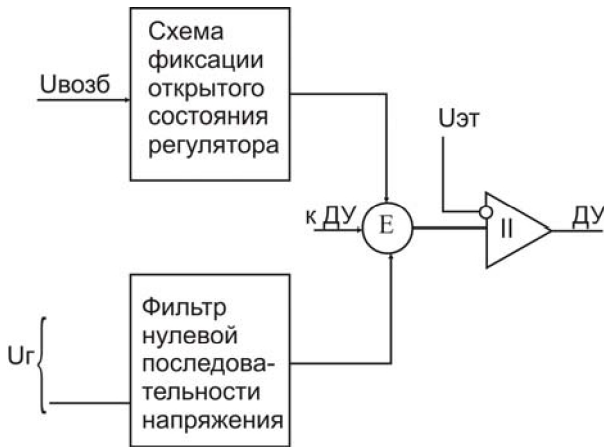


Рис. 26. Диагностирующее устройство

В диагностирующее устройство входят фильтр нулевой последовательности напряжения генератора и датчик наибольшего возбуждения генератора. Сигналы с этих датчиков суммируются и подаются на компаратор, на выходе которого получаем сигнал ДУ.

Блок защиты сети (рис.27) включает в себя:

- датчик тока перегрузки или КЗ ЦРУ (в зависимости от способа подключения);
- выдержку времени сигнала перегрузки;
- усилитель мощности сигнала перегрузки;

- логику;
- усилители и схему памяти сигналов $K_{\text{ну}}$ и $K3_{\text{цру}}$;
- схему усиления и памяти диагностических сигналов неисправностей;
- схему коррекции напряжения в функции частоты.

Если блок защиты сети используется в качестве дифференциальной защиты от КЗ, то на его входы поступает сигнал, пропорциональный разности токов на входе и на выходе ЦРУ. При КЗ на ЦРУ эта разность превышает уровень срабатывания компаратора. С компаратора, минуя выдержку времени, выдается в блок логики сигнал неисправности H , развозбуждавший канал. Кроме того, выдается сигнализация о КЗ на ЦРУ и сигнал $K_{\text{ну}}$. Реле времени при этом задействуется, выход с него усиливается и используется для сигнализации перегрузки.

Сигнализация о КЗ на ЦРУ и сигнал $K_{\text{ну}}$ выдаются, если при наличии перегрузки снимается сигнал $K_{\text{нп}}$, т.е. срабатывает защита U_{\downarrow} .

Память сигналов КЗ ЦРУ и $K_{\text{ну}}$ не снимается при выключении $V_{\text{кн}}$. Сброс памяти происходит при повторном включении $V_{\text{кн}}$. Схема усиления и памяти диагностических сигналов выполнена таким образом, что неисправность запоминается в момент отключения $V_{\text{кн}}$, а сброс памяти» происходит при каждом включении $V_{\text{кн}}$. Корректор напряжения (см. рис.27), расположенный в блоке защиты сети, представляет собой фильтр Боттерворта второго порядка, выполненный на инвертирующем усилителе с фиксированным коэффициентом усиления. На вход корректора поступают импульсы фиксированной амплитуды и длительности с ОВО, расположенного в блоке частоты. Частота этих импульсов равна частоте напряжения генератора. Постоянная составляющая напряжения на выходе ОВО которая выделяется фильтром, пропорциональна частоте входного сигнала. На выходе фильтра получаем напряжение, пропорциональное снижению частоты относительно нормального уровня. С выхода фильтра сигнал поступает в регулятор напряжения.

комплекса с целью, повышения надежности работы комплекса системы пилотажно-навигационного оборудования (КСПНО) самолета в нормальном режиме работы системы электроснабжения.

При обесточенной основной системе электроснабжения вторичная система электроснабжения переменным током выполняет функции аварийной, обеспечивая питанием только потребителей первой категории, получающие питание с шин вторичной системы электроснабжения переменным током.

Вторичная система электроснабжения переменным током состоит из двух независимых подсистем левого и правого борта (рис.28-30).

В состав системы левого борта (рис.10) входит:

-преобразователь ПТС-800БМ;

-автомат АПШ-3Р-2С N1 переключения шин ПТС;

-шины ПТС;

-управляющая, коммутационная аппаратура, аппаратура защиты сети и светосигнализаторы.

В состав системы правого борта входит:

-преобразователь ПОС-1000Б;

-аппарат АПШ-3Р-2С N2 переключения шин ПОС;

-шины ПОС;

-управляющая, коммутационная аппаратура, аппаратура защиты сети и светосигнализаторы.

Технические данные:

Номинальная мощность левой подсистемы	800 В·А
Номинальная мощность правой подсистемы	800 В·А
Номинальное напряжение	115 В
Номинальная частота	400 Гц
Режим работы	продолжительный.

Преобразователь ПТС-800БМ предназначен для преобразования постоянного тока с номинальным напряжением 27 В в переменный трехфазный ток с номинальным напряжением 200/115 В (линейное, фазное) с нулевым выводом, частотой 400 Гц и прямым чередованием фаз.

Преобразователь установлен в герметичной части самолета. Его параметры находятся в пределах:

-частота 394-406 Гц;

-напряжение (фазное) 110,75-119,75 В с учетом реальной нагрузки на преобразователь при различных режимах входного напряжения (от 18 до 31 В).

Автомат переключения шин АПШ-3Р-2С предназначен для выдачи управляющего сигнала на переключение нагрузки на резервную питающую линию при обрыве фаз до аппарата или понижением напряжения (фазного) основной питающей линии.

Автомат установлен в герметичной части самолета и срабатывает при снижении фазных напряжений в контролируемой линии до $(65 \pm 7,5)$ В.

Такой уровень напряжения обеспечивает несрабатывание аппарата при нормальных переходных процессах в системе электроснабжения переменного тока.

Для автомата АПШ-3Р-2С выбран режим работы с самоблокировкой при снижении одного, двух или трех фазных напряжений и выдержкой времени (0,65-1,0) с путем установки перемычек между клеммами 3-4 и 5-8 колодки аппарата.

Преобразователь ПОС-1000Б предназначен для преобразования постоянного тока с номинальным напряжением 27 В в переменный ток с номинальным напряжением 115 В частотой 400 Гц.

Преобразователь установлен в герметичной части самолета на амортизационной раме.

Его основные параметры находятся в пределах:

-частота (394-406) Гц;

-напряжение (110-124) В.

Аппарат переключения преобразователей АПП-1М-3 предназначен для автоматического переключения с основной питающей линии на резервную потребителей переменного тока при повышении и понижении выходного напряжения источника, питающего основную линию, а также при обрыве или коротком замыкании в контролируемой аппаратом линии.

Аппарат АПП--1М-3 установлен в герметичной части самолета и выдает сигнал на переключение при:

- повышении напряжения до 125% от номинального;
- снижении напряжения до $(86,2 \div 95,4)$ В;
- при обрыве или коротком замыкании контролируемой линии.

Время выдержки срабатывания аппарата составляет $(3 \div 6)$ с что обеспечивается установкой перемычки между клеммами 1 и 2 колодки преобразователя.

Описание работы левой подсистемы вторичной системы переменного тока дано в соответствии с рис. 28, 29.

При отключенных выключателях ПТС и ПОС шины вторичной подсистемы переменного тока через нормально замкнутые контакты контактора (2) и автомат защиты (1) в левой подсистеме и нормально замкнутые контакты контактора (7) и автомат защиты (2) в правой подсистеме (рис.30).

Включение преобразователя ПТС–800БМ производится включением выключателя (10) или автоматически с помощью реле после снятия обжатия с правой стойки шасси. На земле возможно только ручное включение ПТС-800БМ выключателем (10) (рис.28). При включении выключателя (10) напряжение сети переменного тока подается на автомат АПШ-ЗР-2С N1 (13) через нормально замкнутые контакты реле (14).

Автомат АПШ-ЗР-2С N1 выдает сигнал на включение реле (11), которое, сработав, подает напряжение сети 27 В на контакторы (6) и (2), обеспечивающие подключение ПТС-800БМ (8) к шинам сети 27 В и шинам ПТС.

Кроме того, реле (11), сработавшая, размыкает цепь сигнализации “Отказ ПТС” (18) и замыкает цепь выдачи сигнала подключения ПТС к своей шине для КИСС.

При этом гаснет светосигнализатор “Отказ ПТС” (18) и, если был включен КИСС, на cadre ЭС КИСС символ “ПТС” из желтого становится зеленым и загорается зеленая перемычка, соединяющая символ с шиной ПТС.

Перемычка, соединяющая шину ПТС с основной, сетью гаснет.

При снижении напряжения или обрыве одной из линий подключения ПТС к шинам происходит срабатывание АПШ-ЗР-2С N1 (13), которое снимает сигнал с реле (11). Реле (11), размыкая свои контакты, отключает ПТС-800БМ от шин сетей 27 В и

200/115 В. Загорается светосигнализатор желтого цвета ОТКАЗ ПТС и на экране КИСС символ “ПТС” желтеет.

Перемычка подключения ПТС к своим шинам гаснет и загорается перемычка зеленого цвета между шиной ПТС и шиной основной сети левой.

В левой подсистеме вторичной системы переменного тока предусмотрен контроль автомата АПШ-ЗР-2С N1.

Контроль автомата АПШ-ЗР-2С N1 производится при включенном АПШ-ЗР-2С N1 (при наличии напряжения переменного тока на клеммах 1, 5, 8 и напряжения постоянного тока на клемме 3 АПШ-ЗР-2С N1). Для этого включают выключатель ПТС (10) и устанавливают галетный переключатель контроля АПШ N1 (19) последовательно в положения АПШ N3, А, В, С и в каждом из указанных положений нажимают на кнопку (20) КОНТРОЛЬ.

При нажатии на кнопку должно происходить срабатывание АПШ-ЗР-2С, что сигнализируется загоранием светосигнализатора ИСПРАВН. АПШ1.

В связи с тем, что для автомата выбран режим с самоблокировкой, после каждого срабатывания АПШ-ЗР-2С необходимо производить его разблокировку путем снятия напряжения постоянного тока с клеммы 3. Для этого после срабатывания автомата при проверке необходимо нажать кнопку РАЗБЛОКИРОВКА. При нажатии данной кнопки напряжение 27 В подается на реле (14), которое, срабатывая разрывает цепи питания АПШ-ЗР-2С постоянным током, обеспечивая его разблокировку.

Включение преобразователя ПОС-1000Б осуществляется включением выключателя (12) или автоматически с помощью реле (13) после снятия обжатия с правой стойки шасси. На земле возможно только ручное включение ПОС-1000Б выключателем (12), рис. 11. При включении выключателя (12) напряжение постоянного тока подается на АПШ-ЗР-2С N2 (15) через нормально замкнутые контакты реле (14).

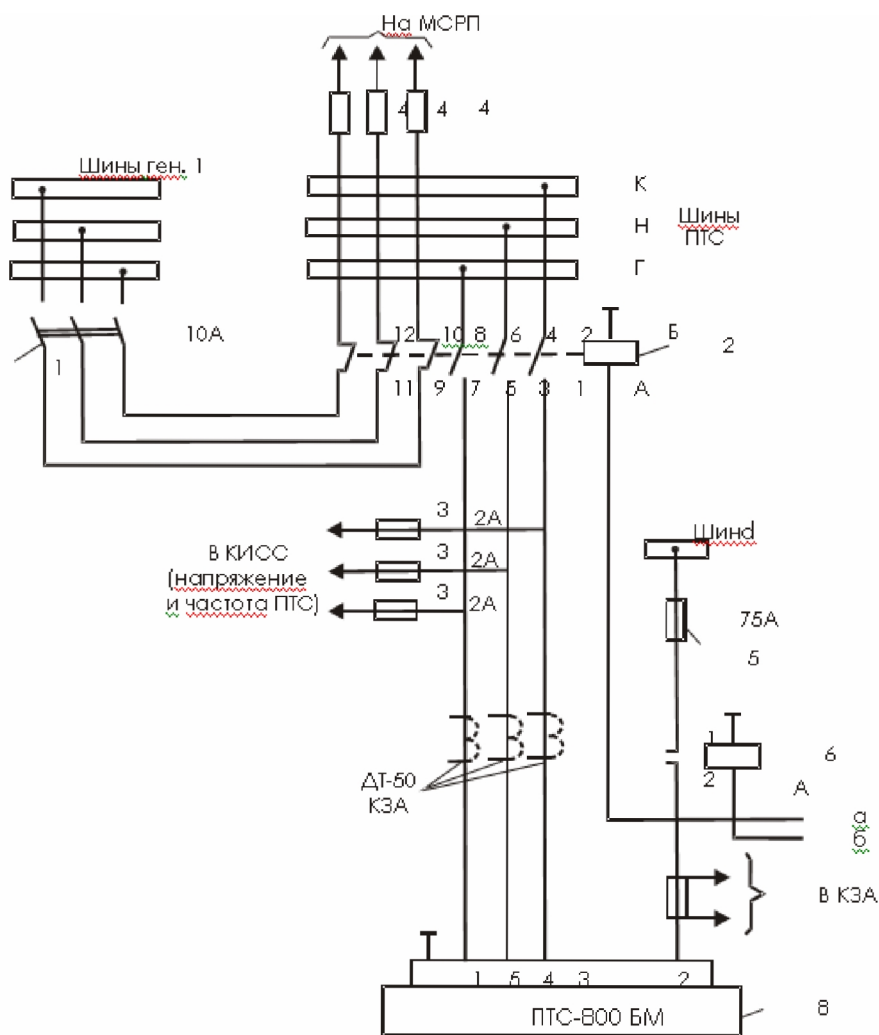


Рис. 28. Левая подсистема вторичной системы переменного тока (лист 1 из 2)

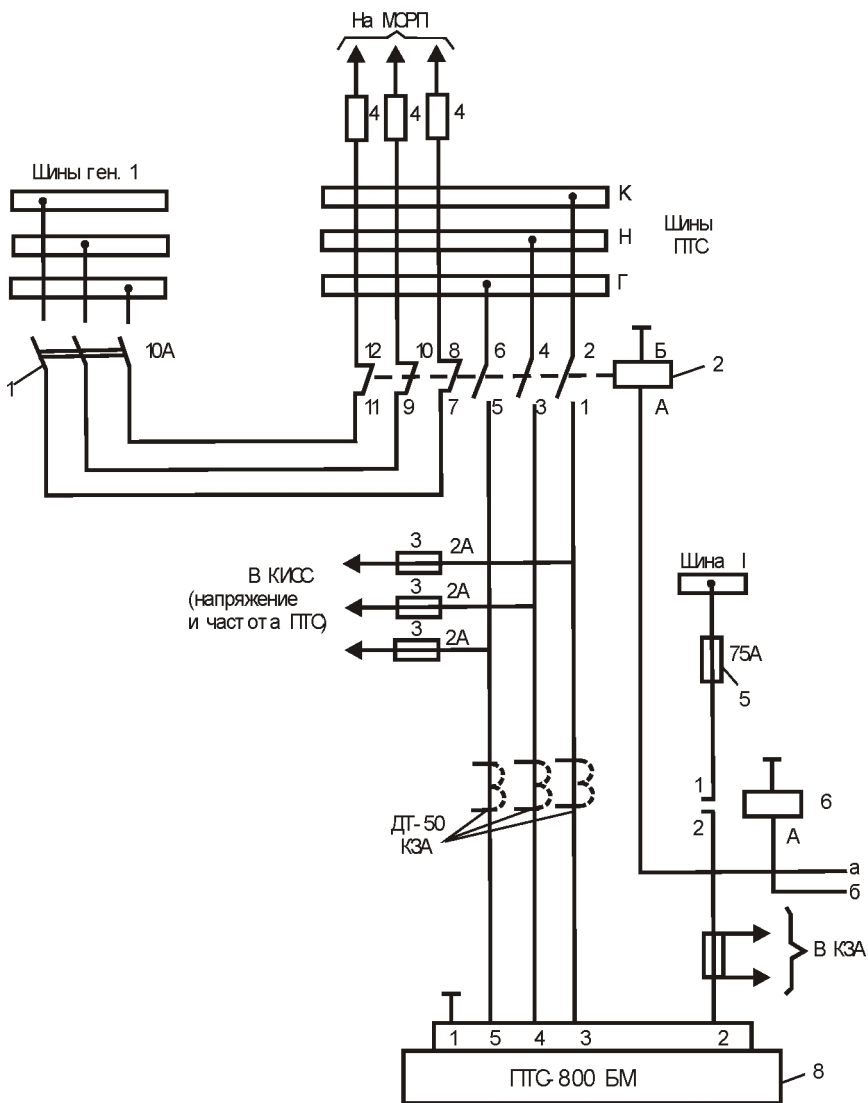


Рис. 29. Левая подсистема вторичной системы переменного тока (лист 2 из 2)

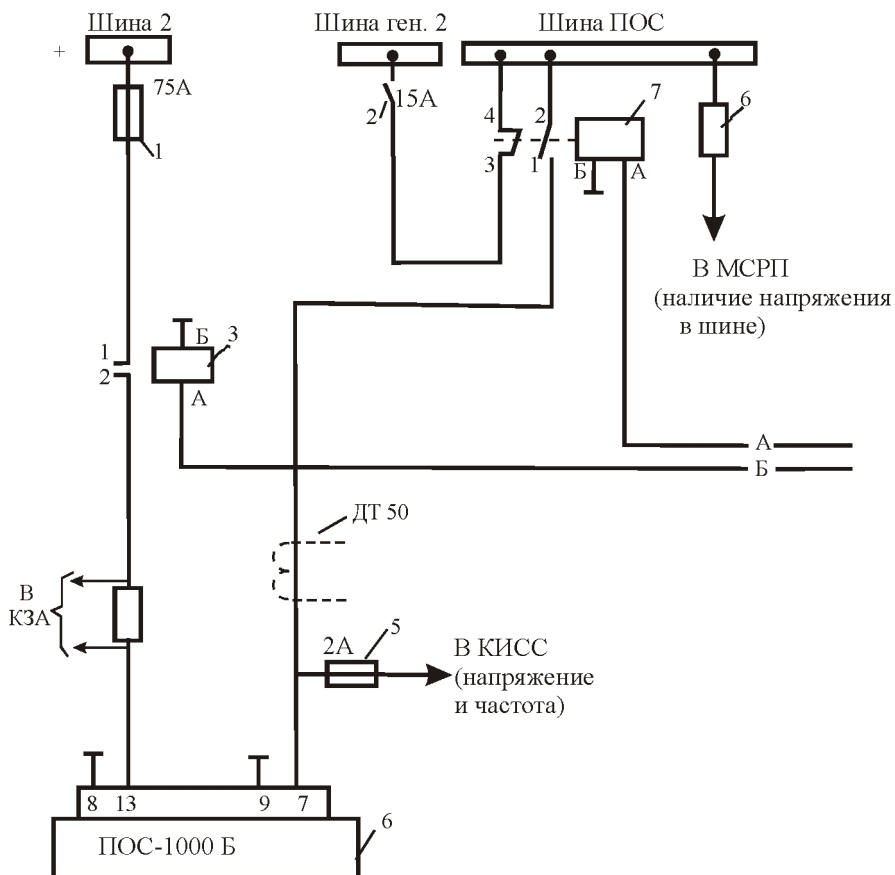


Рис. 30. Левая подсистема вторичной системы переменного тока (лист 1 из 2)

- 1 Предохранитель питания ПОС-1000Б.
2. Автомат защиты линии подключения шины ПОС к правой сети.
3. Контакттор включения питания ПОС.
4. Предохранитель цепи сигнализации ПОС.
5. Предохранитель.
6. Преобразователь статический однофазный ПОС-1000Б.
7. Контакттор переключения питания шины ПОС.
8. Резистор.

9. Реле управления включением ПОС-1000Б.
10. Резистор.
11. Автомат защиты включения ПОС-1000Б.
12. Выключатель ПОС-1000Б.
13. Реле блокировки по обжатию правой стойки шасси.
14. Реле блокировки АПП-1М-3.
15. Аппарат переключения преобразователей АПП-1М-3.
16. Реле контроля светосигнализаторов.
17. Резистор.
18. Светосигнализатор ОТКАЗ ПОС.
19. Светосигнализатор ИСПРАВН АПП.

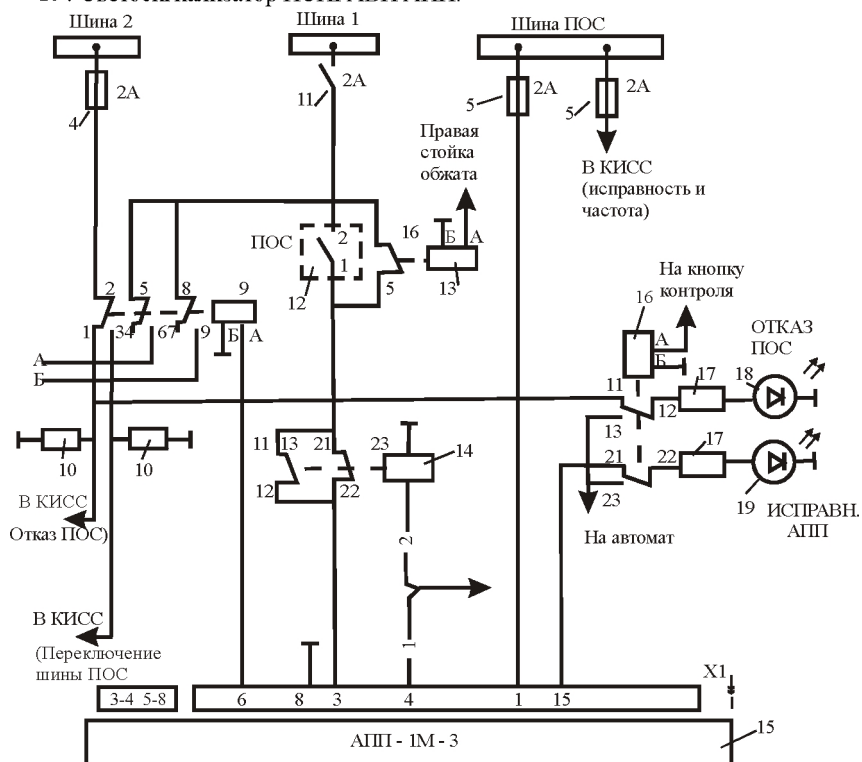


Рис. 31. Правая подсистема вторичной системы переменного тока (Лист 2 из 2)

Аппарат АПШ-ЗР-2С № 2 выдает сигнал на включение реле (9), которое, сработав, подает напряжение сети 27 В на контакторы (3) и (7), обеспечивающие подключение ПОС-1000Б (6) к шинам сети 27 В и шинам ПОС.

Кроме того, реле (9), срабатывая, размыкает цепь сигнализации "Отказ ПОС" (19) и замыкает цепь выдачи сигнала подключения ПОС к своей шине для КИСС. При этом гаснет светосигнализатор ОТКАЗ ПОС и, если был включен КИСС, на кадре ЭС КИСС символ «ПОС» из желтого становится зеленым и загорается зеленая перемычка, соединяющая символ с шиной ПОС. Перемычка, соединяющая шину ПОС с основной сетью, гаснет.

При снижении или повышении напряжения на шине ПОС или обрыве линий подключения ПОС к своей шине происходит срабатывание АПШ--ЗР-2С №2 (15), который снимает сигнал с реле (9). Реле (9) размыкает свои контакты и отключает ПОС-1000Б от шин сетей 27 В и 200/115 В. При этом загорается светосигнализатор желтого цвета ОТКАЗ ПОС и на экране КИСС символ «ПОС» желтеет. Перемычка подключения ПОС к своим шинам гаснет и загорается перемычка зеленого цвета между шиной ПОС и шиной основной сети.

В правой подсистеме вторичной системы переменного тока предусмотрено контроль аппарата АПШ-ЗР-2С № 2. Контроль аппарата АПШ-ЗР-2С № 2 производится при включенном аппарате АПШ-ЗР-2С № 2 (при наличии напряжения на клемме 3). Для этого включают выключатель ПОС (12) и устанавливают переключатель контроля АПШ (19) (рис.10) в положение АПШ2, А и нажимают на кнопку (20), рис.28. При нажатии на кнопку должно происходить срабатывание АПШ-ЗР-2С № 2, что сигнализируется загоранием светосигнализатора ИСПРАВН. АПШ. В связи с тем, что аппарат срабатывает с самоблокировкой, после каждого срабатывания АПШ-ЗР-2С № 2 при контроле необходимо производить его разблокировку путем снятия напряжения постоянного тока с клеммы 3. Для этого необходимо нажать кнопку РАЗБЛОКИРОВКА. При нажатии данной кнопки напряжение 27 В подается на реле (14), которое, срабатывая, разрывает цепь питания АПШ-ЗР-2С № 2 постоянным током, обеспечивая его разблокировку.

С шин преобразователя ПТС-800БМ получают питание потребители электроэнергии 1 категории.

В схеме предусмотрен контроль светосигнализаторов ИСПРАВН. АПШ1, АПШ2, ОТКАЗ ПТС, ОТКАЗ ПОС, который осуществляется при нажатии на кнопку КОНТР. ЛАМП, расположенную на щитке контроля бытового оборудования. При этом подается напряжение постоянного тока на обмотки реле (15), см. рис.28, 29 и (16), см. рис.30, 31 которые, срабатывая, подают +27 В на светосигнализаторы.

Система электроснабжения переменным трехфазным током от генератора ВСУ

Канал генерирования переменного тока ВСУ используется для питания системы электроснабжения в аварийном режиме, а также при подготовке и обслуживании.

Канал генерирования переменного тока ВСУ (рис..32) состоит из:

- генератора ГТ60ПЧ8Б;
- блока регулирования и защиты генератора БРЗУ 115 ВО;
- коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления и сигнализации.

Блок БРЗУ 115 ВО установлен на одной раме с блоком БРЗУ 115 ВО генератора №1 на левом борту (27-28 шп.).

Включение генератора переменного тока ВСУ на шины генератора №1 осуществляется контактором ТКС233ОДЛ, установленным в УР 200/115 В.

Генератор ГТ60ПЧ8Б установлен на двигателе ТА 12-60, расположенном в хвостовой части самолета в отсеке ВСУ.

Включение генератора переменного тока ГТ60ПЧ8Б ВСУ производится при запущенной ВСУ после ее выхода на режим.

Включение генератора ГТ60ПЧ8Б производится нажатием на переключатель кнопочный $\Gamma_{\text{ВСУ}}$ (см. рис.33).

Если включение генератора ВСУ производится при включенных на сети генераторах №1 и №2, то генератор ВСУ остается неподключенным к сетям переменного тока, при этом лампа ВКЛ переключателя кнопочного $\Gamma_{\text{ВСУ}}$ не загорается.

При отключенном одном из основных генераторов, генератор ВСУ подключается на шины отключенного генератора. При этом загорается лампа ВКЛ переключателя кнопочного $\Gamma_{\text{ВСУ}}$ зеленого цвета. На кадре «ЭС» КИСС загорается символ «ВСУ» и переключатель его подключается на соответствующую сеть зеленого цвета.

При неработающих основных генераторах генератор ВСУ подключается к обеим сетям переменного тока, при этом на кадре «ЭС» КИСС загораются обе перемычки подключения символа ВСУ к шинам генераторов Г1 и Г2.

Если на сети работают одновременно генератор переменного тока ВСУ и аэродромный источник электроэнергии, то генератор ВСУ работает на левую сеть (шины Г1) переменного тока, а аэродромный источник - на шины правой сети (шины Г2) переменного тока.

При работе генератора переменного тока ВСУ на кадре ЭС КИСС, около шин, на которые включен генератор ВСУ (в зависимости от включенных, кроме него, источников электроэнергии переменного тока) индицируются:

- на кадре 1 – напряжение и частота генератора ВСУ;
- на кадре 2 - ток, отдаваемый генератором ВСУ.

При работе генератора ВСУ необходимо контролировать ток, отдаваемый генератором, который не должен превышать 167А в любой из фаз.

Система электроснабжения постоянным током

Система электроснабжения постоянным током предназначена для питания потребителей электроэнергии постоянным током, рис. (32-34)

Система электроснабжения постоянным током состоит из:

- системы СПТВ-3-6А основных источников электроэнергии;
- системы аварийных источников электроэнергии – аккумуляторов;
- распределительной сети постоянного тока.

Конструктивно система электроснабжения постоянным током состоит из двух независимых подсистем – левой и правой.

В левую (правую) подсистему постоянного тока входят:

- основной выпрямитель ВУ-6БК №1 (№2);
- аккумуляторные батареи №1, №3 (№2, №4), установленные в контейнерах аккумуляторов;
- устройства сигнализации критического состояния аккумуляторных батарей УСЛН-250МБ №1, №3 (№2, №4);
- распределительная сеть левой (правой) подсистемы постоянного тока.

Общими элементами левой и правой подсистем являются резервный выпрямитель ВУ-6БК, блок коммутации резервного выпрямителя, отключаемых шин сетей постоянного тока и шины запуска ВСУ (БК 27 В центральный).

В распределительной сети левой (правой) подсистемы имеются:

- шины 1;
- отключаемые шины 1 и 2.

Отключаемые шины 2 получают питание при работающем на левую и правую сети хотя бы одним выпрямительном устройстве.

Отключаемые шины 1 получают питание при работе на каждую из подсистем выпрямительного устройства (основного или резервного), т.е. при работающих двух выпрямительных устройствах.

Кроме того, в распределительной сети постоянного тока имеется шина запуска ВСУ.

Шина запуска ВСУ подключается к сетям постоянного тока при запуске ВСУ в полете, при работающих 2-х любых выпрямительных устройствах, а на земле – независимо от количества включенных источников постоянного тока.

При отказе двух любых выпрямительных устройств в полете, т.е. при работе подсистем постоянного тока от одного ВУ и аккумуляторов или только от аккумуляторов шина запуска ВСУ подключается к аккумуляторным батареям №3 и №4. При этих условиях происходит автономный запуск ВСУ от аккумуляторных батарей №3 и №4. Кроме того, в системе имеются шины наземного питания, позволяющие обеспечить питанием ряд систем при обесточенной основной сети и получающие в этом случае питание от ВУ_{рез.}

В основном режиме работы система постоянного тока питание шин 1 и 2 и отключаемых шин 1 и 2 системы электроснабжения постоянным током осуществляется от выпрямительных устройств №1 и №2 и аккумуляторных батарей №1, №2, №3, №4.

Управление и контроль за работой системы электроснабжения постоянным током осуществляется:

- со щитка электроснабжения;
- со щитка контроля электроснабжения;
- по экрану КИСС.

Контроль за состоянием аккумуляторных батарей осуществляется устройством УСЛН-250МБ (13).

Аккумуляторы 20НКБН-25-ДУЗ №1, №2, №3, №4 установлены в контейнерах, конструкция которых обеспечивает обогрев и вентиляцию аккумуляторов.

При включении выпрямительных устройств ВУ 1 и ВУ 2 нажатием на переключатели кнопочные ВУ1 и ВУ2 (при включенном источнике электроэнергии переменного тока при положительном результате встроенного контроля ВУ-6БК №1, №2 последние выдают сигнал с клеммы 13 разъема Х6 на контакторы (88) включения ВУ 1 и ВУ 2. Контактторы (88), срабатывая, подключают ВУ 1 и ВУ 2 на питание от левой и правой сети переменного тока соответственно. При этом ВУ 1 и ВУ 2 начинают работать на левую и правую сеть постоянного тока соответственно. При этом гаснут лампы ОТКЛ переключателей ВУ1 и ВУ 2.

Если до включения выпрямительных устройств были включены аккумуляторы батареи, то при включении ВУ №1 и №2 гаснут табло ЛЕВ ОТК АКК. ПРАВ ОТК АКК.

На кадре ЭС КИСС будет следующая сигнализация по системе постоянного тока:

–символы ВУ 1 и ВУ 2 и перемычки подключения их к сетям зеленого цвета (если они включены);

–символ ВУ_{рез} белого цвета;

–символы АКК 1, АКК 2, АКК 3, АКК 4 и перемычки их подключения к сетям зеленого цвета (если они включены);

–токи и напряжение около символов аккумуляторов на кадрах 1 и 2 «ЭС»;

–напряжение около символов «ВУ» на кадре 1 «ЭС»;

–токи около символов «ВУ» на кадре 2 «ЭС».

При отказе одного из основных ВУ (ВУ №1 или ВУ №2) в полете происходит автоматическое подключение на сеть постоянного тока с отказавшим выпрямительным устройством резервного выпрямительного устройства ВУрез.

При отказе ВУ №1 резервное выпрямительное устройство подключается к левой сети постоянного тока и левой сети переменного тока.

При отказе ВУ №2 резервное выпрямительное устройство подключается к правой сети постоянного тока и левой сети переменного тока.

При этом загорается лампа ОТКЛ переключателя кнопчного ВУ №1 или ВУ №2 белого цвета и лампа ВКЛ переключателя кнопчного ВУ_{рез.}

На кадре ЭС КИСС будет следующая сигнализация (после включения ВУрез):

–символ отключенного основного «ВУ 1» или «ВУ 2» желтого цвета;

–символ «ВУрез» зеленого цвета и перемычки подключения ВУрез к сетям зеленого цвета;

–символ работающего ВУ №1 или ВУ №2 зеленого цвета и перемычки его подключения к сетям зеленого цвета;

–символ аккумуляторов «АКК 1», «АКК 2», «АКК 3», «АКК 4» зеленого цвета и перемычки подключения аккумуляторов к сетям зеленого цвета.

При отказе двух выпрямительных устройств ВУ №1 и ВУ №2 резервное выпрямительное устройство подключается к левой и правой сети постоянного тока одновременно, а по переменному току к правой сети переменного тока. При этом происходит автоматическое отключение шин 1 левой и правой сети постоянного тока в связи с недостаточностью мощности одного выпрямительного устройства для питания всех потребителей электроэнергетики.

Отключение отключаемых шин 1 происходит и при отключении любых двух выпрямительных устройств и работе левой и правой сети от оставшегося работоспособным выпрямительного устройства и аккумуляторов.

При отказе всех выпрямительных устройств или генераторов переменного тока сети постоянного тока переходят на аварийное питание от аккумуляторов. При этом происходит автоматическое отключение отключаемых шин 1 и 2 левой и правой сети постоянного тока и автоматическое соединение этих сетей (если до этого сети не были соединены).

При переходе на аккумуляторное питание загораются табло ЛЕВ ОТ АКК и ПРАВ ОТ АКК желтого цвета.

Загорается (или продолжает гореть) лампа – переключателя кнопчного СОЕД. СЕТЕЙ.

На экране КИСС информация отсутствует в связи с отсутствием питания системы КИСС в данном режиме работы системы электроснабжения.

При работе системы электроснабжения от аккумуляторов сохраняют работоспособность потребители электроэнергии I категории.

В системе электроснабжения постоянного тока предусмотрено два варианта подключения шин запуска ВСУ:

- при запуске от всех источников постоянного тока (ВУ и аккумуляторов) происходит автоматическое подключение шины запуска к сетям левого и правого борта по сигналу с выключателя запуска ВСУ. Кроме того, в системе предусмотрено автоматическое подключение на момент запуска ВСУ резервного выпрямительного устройства. Подключение шины запуска ВСУ к сетям осуществляется контакторами (29,35) (см. рис. 34).

На земле подключение шины запуска ВСУ к сетям осуществляется независимо от количества включенных источников постоянного тока;

- при запуске от аккумулятора или аккумуляторов и одного ВУ в полете шина запуска ВСУ автоматически подключается к аккумуляторам №3 и №4, которые при этом отключаются от сетей левого и правого борта. При этом срабатывают контакторы (33, 37) и отпускают контакторы (4) аккумуляторов №3 и №4. После запуска ВСУ и выхода его на режим происходит автоматическое отключение аккумуляторов №3 и №4 от шины запуска ВСУ и подключение их опять на сети левого и правого борта соответственно.

Подключение шины запуска ВСУ к аккумуляторам №3 и №4 происходит при выполнении следующих условий:

- работе на сети левого и правого борта аккумуляторов или аккумуляторов и одного выпрямительного устройства в полете;

- наличии подключения к сетям постоянного тока аккумуляторов №1 и №2;

- наличии соединения сетей постоянного тока.

При отсутствии хотя бы одного из перечисленных выше условий подключения шины запуска ВСУ к аккумуляторам №3 и №4 не происходит.

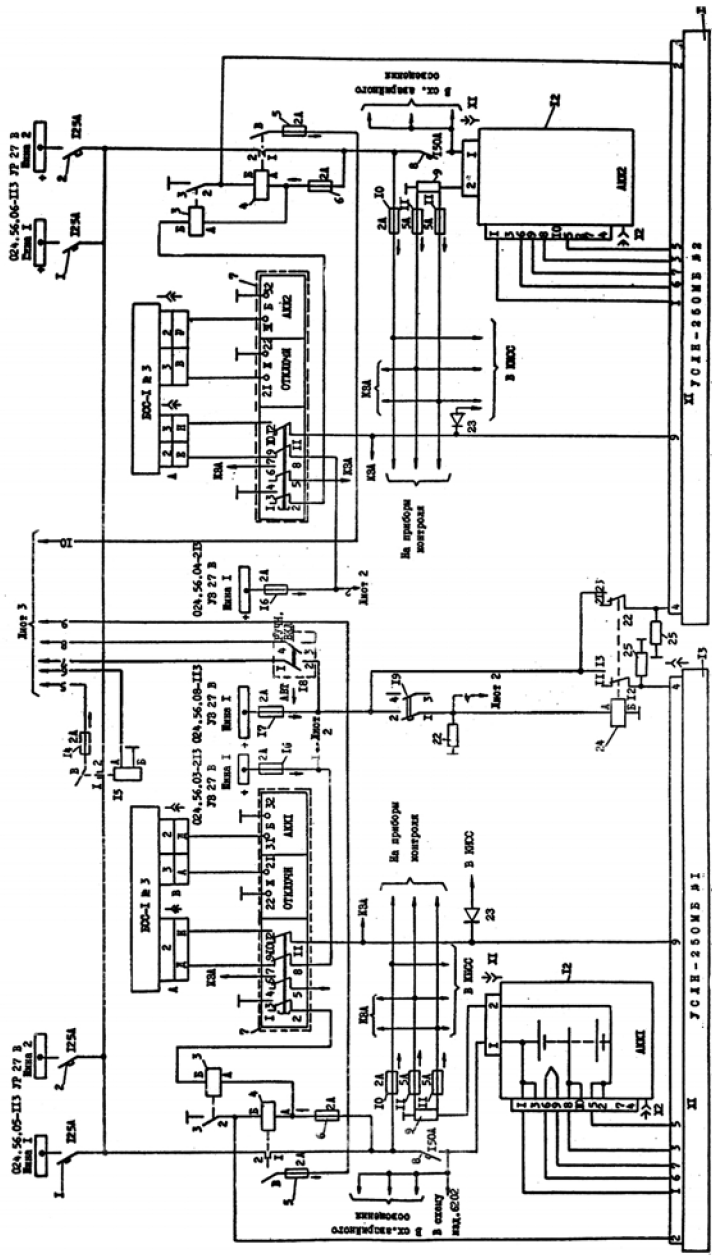


Рис. 34

Соединение подсистем постоянного тока может осуществляться:

1. Автоматически:

а) при работе на обе сети постоянного тока резервного выпрямительного устройства в полете;

б) при работе сетей постоянного тока от аккумуляторов в полете;

в) при включении резервного выпрямительного устройства вручную на земле.

2. Вручную при помощи переключателя кнопочного СОЕД. СЕТЕЙ.

Соединение сетей сигнализируется загоранием лампы «-» переключателя кнопочного СОЕД. СЕТЕЙ и загоранием перемычки между шинами левой и правой сети постоянного тока на кадре ЭС КИСС при ее работе.

Подключение резервного выпрямительного устройства может осуществляться:

–автоматически в полете;

–вручную на земле и в полете.

При ручном включении ВСУ_{рез} нажатием на переключатель кнопочный ВСУ_{рез} резервное выпрямительное устройство подключается к сетям постоянного тока только при неработающих основных выпрямительных устройствах.

Сигнализация ВКЛ переключателя кнопочного ВСУ_{рез} загорается только при условии работы резервного выпрямителя на сети постоянного тока.

Сигналы на все перечисленные выше лампы переключателей проходят через блоки БСС-1 №3 в левой подсистеме и БСС-1 №4 в правой подсистеме постоянного тока. Блоки БСС-1 №3 и БСС-1 №4 входят в комплект САС-7 и обеспечивают контроль исправности ламп, регулировку их яркости.

Включение БСС-1 №3 и БСС 1 №4 на режим контроля ламп осуществляется нажатием кнопки КОНТР. ЛАМП на щитке освещения и сигнализации. Переключение на различные режимы яркости ламп осуществляется выключателем ДЕНЬ-НОЧЬ, установленным там же.

Светосигнализаторы ИСПРАВН. УСЛН 1, 2, 3 проверяются при нажатии на кнопку КОНТР. ЛАМП, расположенную на щитке контроля бытового оборудования.

Для контроля аккумуляторных батарей при проведении предварительной и полетной подготовок на самолете установлены вольтметр В-1 и амперметр А1.

1.3. Системы электроснабжения самолетов фирмы «Боинг» (на примере В – 757, В – 767 , В - 777)

Система электроснабжения переменного тока В-757 [7] рассчитана на электропитание потребителей переменным током и включает первичную систему с питанием от генераторов со встроенным приводом (IDG), установленных на каждом двигателе, и при наземных операциях электроснабжения переменным током осуществляется от генератора вспомогательной силовой установки (APU). Каждый генератор обеспечивает трехфазное питание напряжением 115-208 В 400 Гц с мощностью 90 кВ·А. В число главных элементов, связанных системой электроснабжения переменного тока, входят: три блока управления генератором (GCU), блок управления шиной питания (BPCU) и панели электроснабжения, расположенных в основном центре оборудования (рис. 35).

Функциональная схема электропитания (рис.36) включает левую и правую шины переменного тока с возможностью подключения от первичных источников генератора вспомогательной системы и наземного источника питания.

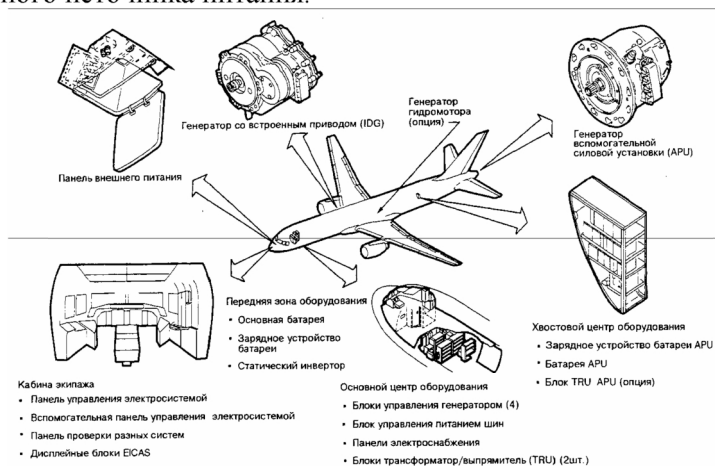


Рис. 35. Состав систем электроснабжения

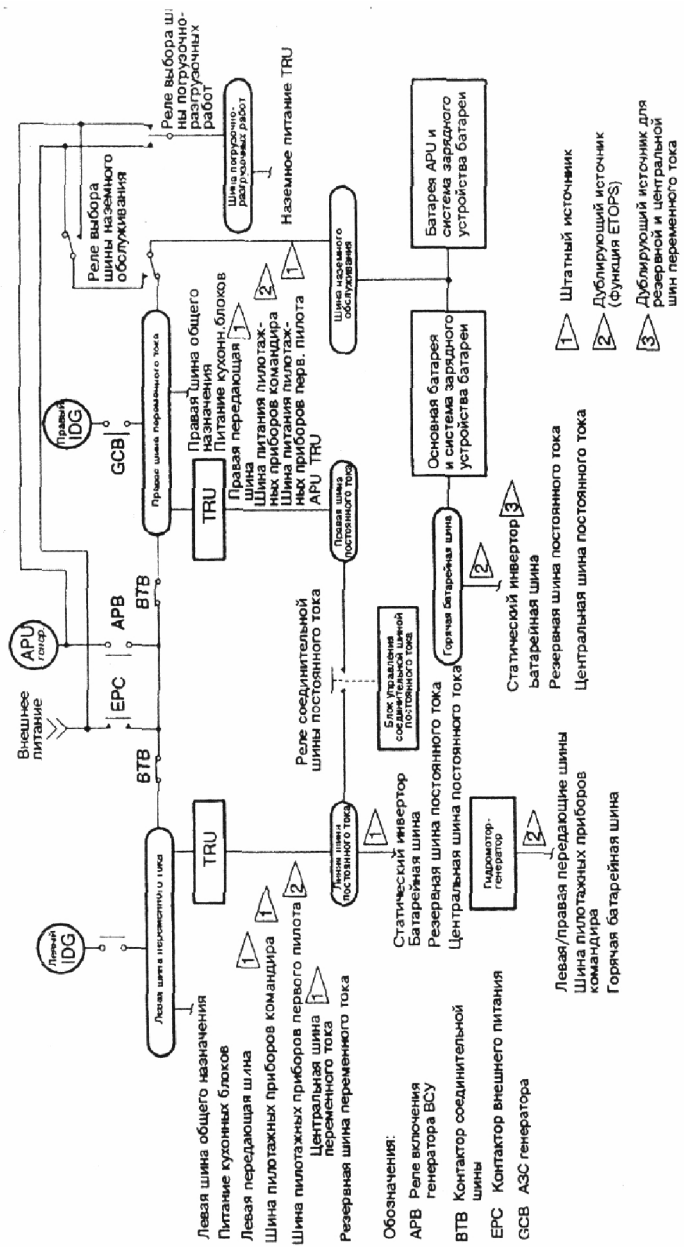


Рис. 36. Система электроснабжения переменного тока

По основным шинам переменный ток подается ко всем потребителям I категории на самолете. Каждая шина поделена на независимые секции. В определенных условиях, взаимное соединение между основными шинами производится при помощи соединительной шины. Шины общего назначения обеспечивают энергией второстепенных потребителей, таких как развлекательные системы для пассажиров и светильники для чтения. Кухонные блоки также считаются второстепенными потребителями энергии. Второстепенные потребители могут автоматически отключаться для защиты источников питания. Питание на двигатель стартера APU подается от блока TRU (опция) системы APU, если в момент запуска APU подано напряжение на правую основную шину переменного тока. Если блок TRU APU не установлен, то APU запускается от батареи.

Шина наземного обслуживания обеспечивает электропитанием как наземных потребителей, так и потребителей, использующих электроэнергию в полете, включая внутренне освещение, зарядные устройства аккумуляторов и охлаждающие вентиляторы.

Шина погрузочно-разгрузочных работ обеспечивает электропитание потребителей, которые действуют только во время наземных операций. Питание на эту шину полагается только на земле.

По центральным шинам электропитание переменного тока подается на оборудование центрального канала системы автоматической посадки. В процессе автоматической посадки CAT III эти шины питаются от дублирующих источников, не зависящих от основных шин.

Шины электропитания пилотажных приборов подают электроэнергию на определенные пилотажные приборы командира и правого пилота и позволяют автоматически переходить на запасной источник электропитания в случае отказа штатного источника.

Резервная шина электропитания переменного тока подает однофазное напряжение к важнейшим потребителям энергии в полете и автоматически переключает источник в случае выхода из строя первичного источника электроснабжения.

Система электроснабжения постоянного тока

Штатное электроснабжение напряжением 28В на самолете получается путем преобразования переменного тока в постоянный.

Системы аккумуляторных батарей образуют дополнительный и резервный источники постоянного тока. Основные элементы электроснабжения постоянного тока включают в себя: основную аккумуляторную батарею, зарядное устройство, два блока трансформатор – выпрямитель (TRU) и статический инвертор. Элементы, используемые в составе системы электроснабжения от APU – батарея APU, зарядное устройство батареи и блок TRU, располагаются в хвостовом центре оборудования (рис.35).

В случае отказа первичного источника электропитания все важнейшие потребители автоматически переключаются на резервное питание постоянным напряжением 28 В от батареи и однофазным напряжением 115 В 400 Гц от статического инвертора. Штатное питание 28 В постоянного тока поступает от блока трансформатора-выпрямителя.

Левая и правая шины постоянного тока (рис.36) подают энергию к потребителям, которым необходимо питание постоянного тока. Каждая основная шина постоянного тока разделена на независимые секции. Когда на какой-либо из шин пропадает питание, блок управления соединением шин автоматически включает соединительное реле.

Резервная шина постоянного тока обеспечивает питанием определенных, потребителей энергии I категории и переключает источник в случае выхода из строя первичного источника питания.

Шина погрузочно-разгрузочных работ, постоянного тока, обеспечивает питанием постоянного тока оборудование, используемое при наземных операциях, и питание на нее подается только на земле.

Основная батарея и зарядное устройство батареи образуют специальный источник питания для работы резервной системы автоматической посадки.

Питание для запуска APU обеспечивается отдельной системой, состоящей из батареи APU и зарядного устройства.

Генератор с приводом от гидромотора (опция)

При полетах двухдвигательных самолетов увеличенного радиуса действия (ETOPS), после выхода из строя в полете всех генераторов питания, система HMG работает как запасной источник питания переменного и постоянного тока с неограниченным временем

работы. Генератор переменного тока питает пилотажные приборы командира, а также левую и правую передающие шины. Преобразованное выходное напряжение постоянного тока генератора питает горячую батарейную шину. Система электропитания 757-го рассчитана на обеспечение пользовательских систем самолета переменным и постоянным током.

Управление системой электроснабжения и индикация

В штатном режиме управление системой электроснабжения производится с панели управления электрической системой (рис.37). На электрических панелях используются двухпозиционные кнопочные переключатели и нажимные переключатели. Двухпозиционные кнопки имеют механическую фиксацию в последнем после срабатывания положении (IN или OUT). Положение переключателя индицируется наличием или отсутствием механического флажка с лицевой стороны кнопки. Лампы индикаторов работают от основной системы контроля и регулировки яркости. Нажимные переключатели, управляющие подачей внешнего электропитания, вызывают замыкание или размыкание контакторов подачи внешнего электропитания. Включенный белый световой индикатор AVAIL указывает, что параметры питания отвечают требуемому качеству. Белый световой индикатор ON светится всегда, когда замкнут контактор подачи внешнего электропитания.

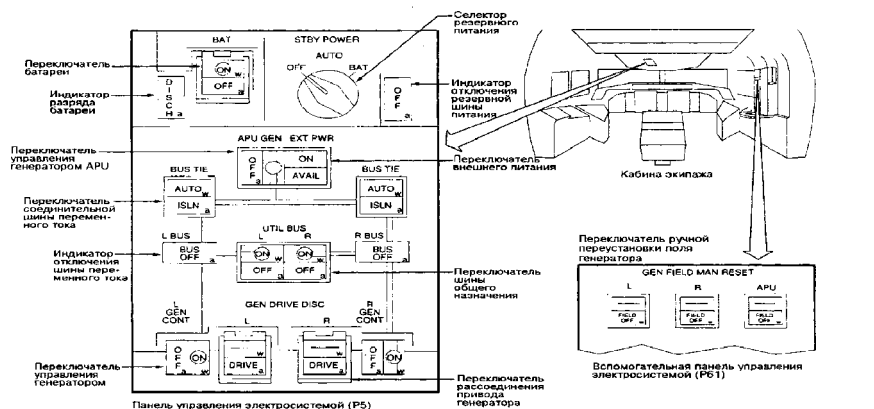


Рис. 37. Панель управления электроснабжением

Кнопки управления генераторами выдают управляющий сигнал, который вызывает срабатывание реле управления генератором (GCR), а когда генератор уже готов подать электропитание, вызывает замыкание автомата защиты цепи генератора (GCB).

Полоска и знак ON указывают на включенное положение. Янтарный индикатор OFF светится, когда связанный с ним автомат защиты цепи генератора разомкнут.

Переключатели соединительной шины переменного тока позволяют вручную или автоматически управлять контактором соединительной шины (ВТВ). При выключенном положении переключателя, связанный с ним контактор ВТВ разомкнут, изолируя друг от друга соответствующую шину переменного тока и соединительную шину.

Индикация AUTO не видна и светится янтарный индикатор ISLN. Перевод переключателя во включенное положение разрешает автоматическое управление контактором соединительной шины.

Переключатели шин общего назначения обеспечивают ручное управление силовыми реле, соединяющими шину общего назначения, а также шину питания кухонных блоков с левой и правой основной шиной переменного тока. Знак ON указывает на включенное положение, а если он скрыт, то находится в выключенном положении. Янтарный индикатор OFF светится, если контакты связанного с ним реле шины разомкнуты.

Нажимные переключатели для отсоединения привода генератора вызывают механическое разъединение генератора IDG и двигателя. Кнопки изнутри подпружинены и загораются при низком давлении масла или при высокой температуре масла.

Переключатель батареи управляет подключением батарейной шины к левой шине постоянного тока или к горячей батарейной шине. Знак ON указывает на положение переключателя – он отсутствует, когда переключатель находится в выключенном положении. Янтарный индикатор OFF светится, когда переключатель батареи находится в выключенном положении в процессе штатных операций на земле и в полете. Индикатор разряда батареи светится, если батарея разряжается.

Режим резервного питания управляется селекторным переключателем резервного питания.

Нажимной переключатель для ручного отключения обмотки возбуждения генератора вызывает замыкание или размыкание контактов управляющего реле генератора.

Ручной или автоматический выбор источника производится с панелей управления электросистемой. Для проверки системы HMG предусмотрен тестовый нажимной переключатель. Мониторинг системы сопровождается сообщениями системы EICAS.

Сходство В-757 и В-767

Системы электроснабжения 757-го и 767-го сертифицированы, как принципиально одинаковые. Все главное оборудование идентично или подобно, как в случае с генераторами IDG, которые имеют незначительные отличия, зависящие от установленного двигателя.

Интенсивность отказов оборудования и вероятность выхода из строя источников электропитания практически одинакова для обоих самолетов.

Конфигурация шин системы электропитания переменного тока, основная система питания постоянного тока, резервная система электропитания, система генератора с приводом от гидромотора (если он установлен) также по существу одинаковы для этих двух самолетов.

Особенности системы электроснабжения самолета В-777

Состав системы электроснабжения В-777 показан на рис.38

Система электроснабжения обеспечивает самолет электропитанием 115 В 400 Гц переменного тока и 28 В постоянного тока (рис. 39).

В качестве источников электроэнергии служат:

- два генератора с интегрированным приводом (IDG);
- генератор вспомогательной силовой установки (APU);
- два резервных генератора;
- генератор на воздушной турбине (RAT);
- основная и вспомогательная аккумуляторные батареи;
- два штепсельных разъема аэродромного питания.

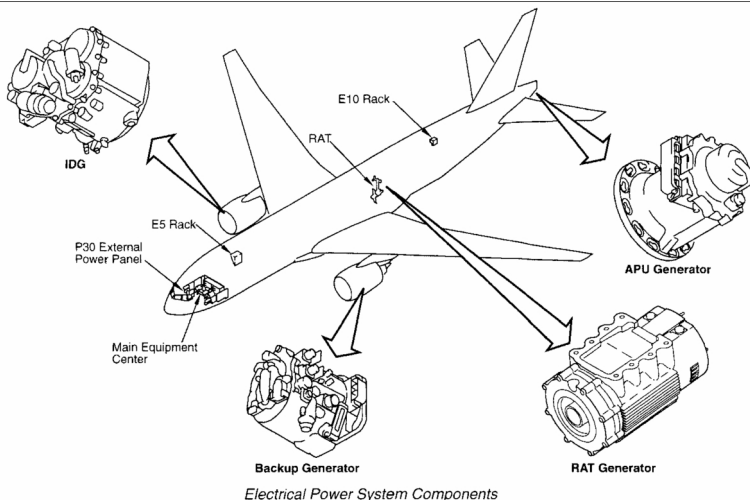


Рис. 38. Состав систем электроснабжения В-777

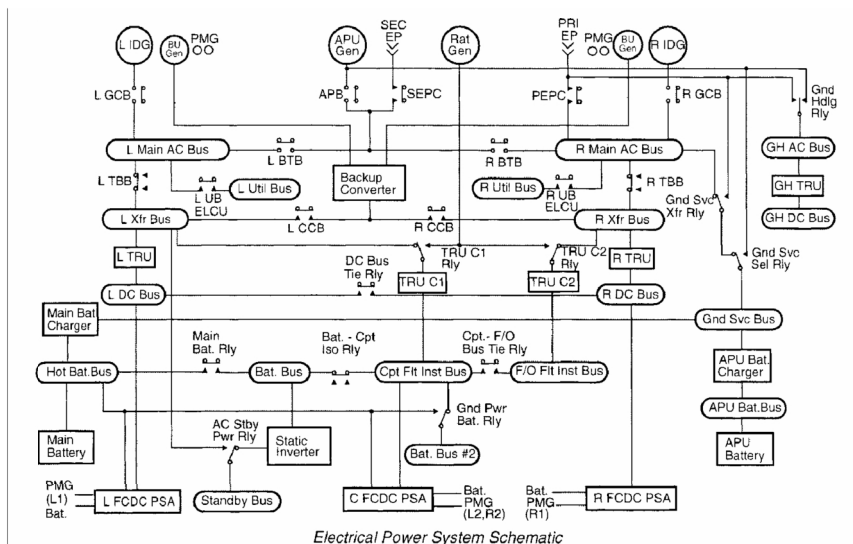


Рис. 39. Функциональная схема системы электроснабжения

На каждом двигателе имеется один генератор IDG. Эти генераторы являются первичными источниками энергии

переменного тока в полете. Дополнительным источником энергии переменного тока является генератор APU. Каждый генератор обеспечивает мощность до 120 кВ·А.

На каждом двигателе имеется один резервный генератор. Это генераторы переменной скорости и переменной частоты. Каждый из них обеспечивает мощность до 20 кВ·А переменного тока. Резервный преобразователь преобразует энергию переменной частоты в энергию постоянной частоты. Каждый резервный генератор содержит также два генератора на постоянном магните, которые обеспечивают электропитание трех блоков управления полетом.

RAT генератор является другим источником резервного питания переменным током. Он обеспечивает мощность до 7 кВ·А.

Для проведения наземных операций на борту установлены два разъема для подключения внешнего источника энергии, которые расположены в передней части фюзеляжа с правой стороны. Каждый разъем рассчитан на 90 кВ·А энергии переменного тока.

В центре основного оборудования находятся следующие компоненты электрической системы:

- Блоки управления генераторами (GCU) (4);
- Блок управления питанием шин (BPCU);
- Резервный преобразователь;
- Панели системы управления электрической нагрузкой (УДМБ) (7);
- Блоки питания (PSA) для блоков управления полетом FCDC (2);
- Преобразовательно-выпрямительные (или трансформаторно-выпрямительные) блоки TRU (5);
- Зарядное устройство для батарей;
- FCDC батареи (батареи для блоков управления полетом) (2).

Один блок питания для блоков управления полетом и соответствующая батарея находятся на стойке E5.

Основная батарея находится в центре основного оборудования. Батарея APU и зарядное устройство находятся на стойке E10. Обе батареи обеспечивают 28 В постоянного тока.

Функционирование системы электроснабжения

Система электропитания нормально работает как два независимых канала – правый и левый. Каждый канал имеет основную шину переменного тока. Левая основная шина переменного тока принимает энергию от левого генератора IDG, а правая – от правого IDG. APU генератор и разъемы для подключения внешнего источника питания также являются источниками энергии переменного тока для обеих основных шин.

Правая основная шина переменного тока обеспечивает питание шине наземного обслуживания. Когда на правую шину не поступает энергия, то питание шины наземного обслуживания может поступать от APU генератора или с разъема для подключения первичного внешнего источника энергии.

На земле питание для шины наземного обслуживания обеспечивается APU генератором или первичным внешним источником энергии.

Пять блоков TRU (преобразовательно-выпрямительных) дают 28 В постоянного тока из энергии переменного тока. Шина hot батареи (hot - горячий; экстренный) и шина APU батареи получают энергию от шины наземного обслуживания через зарядные устройства для основной и APU батарей.

Резервная шина нормально принимает энергию от левой основной шины передачи. При отсутствии энергии переменного тока энергию на резервную шину подает резервный преобразователь.

Резервные генераторы работают, когда двигатели запускаются. Они подают энергию к резервному преобразователю. Если одна из основных шин переменного тока теряет энергию, то преобразователь подает питание на связанную с ней шину переключения.

Если нет резервных генераторов, то RAT (турбинный) генератор подает энергию на шины пилотажно-навигационных приборов.

На три блока питания (PSA) для блоков управления полетом (FCDC) энергия поступает с шин постоянного тока, с hot шин и с генераторов на постоянном магните (PMG) в резервном генераторе. Небольшие батареи предотвращают прерывание питания во время переключения с одного источника питания на другой.

–Для обозначения описанных элементов системы электропитания на схеме введены следующие обозначения:

- АРВ – выключатель вспомогательного питания;
- ВТВ – отключение связи шин;
- ВU - резервный;
- ССВ – выключатель схемы преобразования;
- ELCU - блок управления электрической нагрузкой;
- FCDC - постоянный ток управления полетом;
- GCB - выключатель цепи генератора;
- IDG – генератор с интегрированным приводом;
- РЕРС – контактор первичного внешнего источника энергии;
- PMG – генератор на постоянном магните;
- PSA – блок питания;
- RAT – ram воздушная турбина;
- SEPC – контактор вторичного внешнего источника энергии;
- ТВВ – выключатель шины переключения;
- UBR – реле шины жизнеобеспечения;
- XFR – переключение (на другой источник питания).

Управление системой электроснабжения

Блоки управления генератором (GCU) и блок управления питанием шин (BPCU) контролируют, защищают и управляют отключением основных шин переменного тока (рис.40)

Левый и правый блоки GCU управляют:

- реле управления генератором (GCR);
- выключателем цепи генератора GCD;
- выключателем связи между шинами ВТВ;
- напряжением генераторов IDG;
- частотой генераторов IDG.

Блок контроля АPU управляет:

- вспомогательным выключателем энергии АРВ;
- напряжением АPU генератора;
- частотой АPU генератора.

Блок управления питанием шин управляет:

- контакторами внешнего источника энергии;
- реле наземных операций;

- реле выбора наземного обслуживания;
- реле переключения наземного обслуживания.

Управление с помощью резервного преобразователя

Резервный преобразователь контролирует, защищает и управляет резервными генераторами и подачей энергии на шины переключения.

Резервный преобразователь управляет:

- напряжением резервных генераторов;
- выключателями шин переключения ТВВ;
- выключателями цепи преобразователя СВВ.

Система управления электрической нагрузкой (ELMS)

Система ELMS распределяет, контролирует и защищает электропитание. Кроме того, она обеспечивает логические схемы управления для некоторых систем самолетов. Это позволяет системе ELMS заменить сложные релейные логические схемы и таблицы цепей, используемые раньше на самолетах.

Компонентами системы ELMS являются следующие панели в центре основного оборудования:

- левая панель питания;
- правая панель питания;
- вспомогательная панель питания;
- распределительная панель наземных операций и наземного обслуживания;
- левая панель управления питанием;
- правая панель управления питанием;
- панель управления резервным питанием.

Панели питания

Левая, правая и вспомогательные панели питания содержат шины и выключатели для управления подключением к основным шинам. Панели обеспечивают питание непосредственно к нагрузкам, которые используют 20 А или больше. Они также подают питание к панелям управления питанием и к распределительной панели наземных операций и наземного обслуживания.

Основные выключатели и контакторы находятся в панелях питания, но управляют ими блоки GCU и ВРСУ (блоки управления генераторами и блок управления питанием шин).

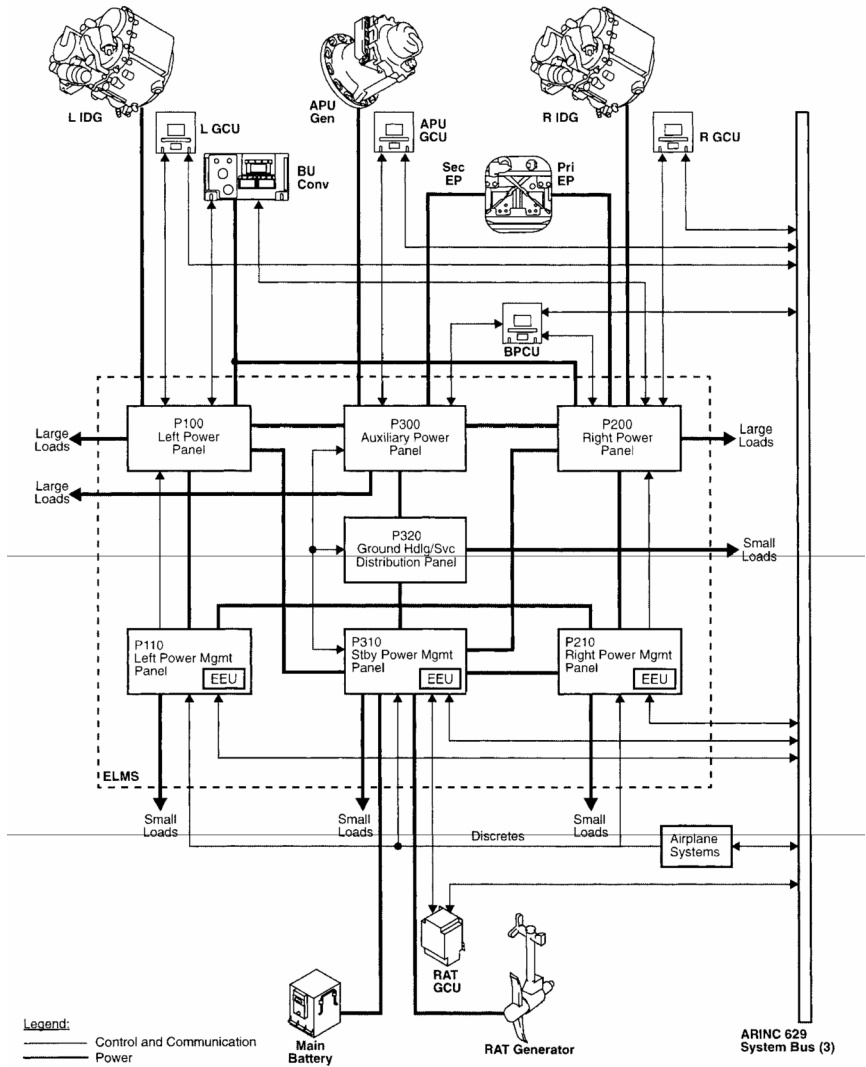


Рис. 40. Управление системой электроснабжения

Панели управления питанием

Левая, правая и резервная панели управления питанием содержат шины, выключатели и реле для управления подключением к более низким электрическим нагрузкам. Эти панели подают энергию на нагрузки, использующие 20 А.

Панели управления питанием имеют процессоры, контролирующие нагрузки и управляющие большинством подключений компонентов в панелях ELMS. Они являются блоками электроники системы ELMS (EEU). Кроме того, они обрабатывают информацию для других систем самолетов.

Распределительная панель наземных операций и наземного обслуживания

Распределительная панель наземных операций и наземного обслуживания содержит компоненты для подачи энергии на шины наземных операций и наземного обслуживания.

Панели питания и распределительная панель наземных операций и наземного обслуживания не имеют процессоров. Обработка для них обеспечивается панелями управления питанием.

Обзорный дисплей (рис.41)

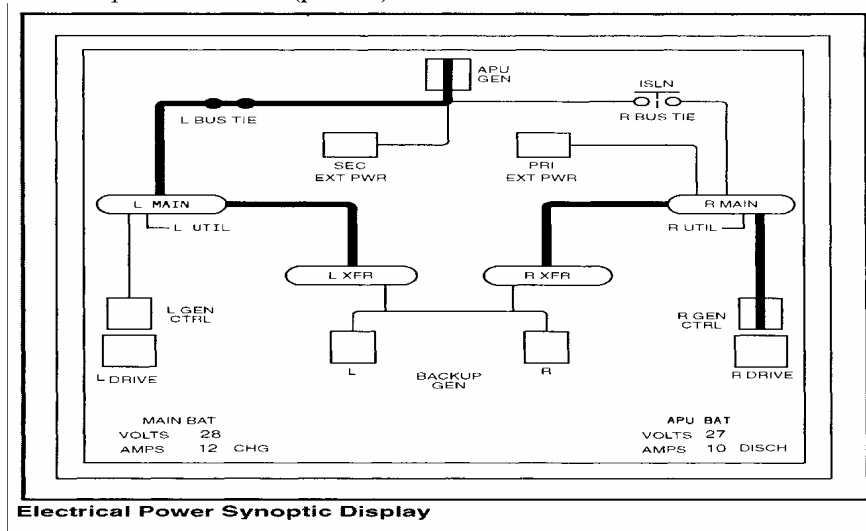


Рис. 41. Обзорный дисплей

Обзорный дисплей электропитания показывает в режиме реального времени картину конфигурации системы электропитания. На ней указаны:

- генераторы IDG;
- генератор APU;
- резервные генераторы;
- внешний источник энергии;
- выключатели связи между шинами;
- основные шины переменного тока;
- шины переключения;
- основную батарею и батарею APU.

1.4. Системы распределения электрической энергии на современных самолетах (на примере Ту-204)

Потребители электрической энергии, устанавливаемые на самолете, обеспечиваются энергией через промежуточное связующее устройство, с помощью которого осуществляется распределение электрической энергии, вырабатываемой источниками (УР).

Кроме передачи электрической энергии нужно иметь возможность управлять работой источников и потребителей и осуществлять защиту всего электрооборудования от тяжелых последствий коротких замыканий, перегрузок и других аварийных режимов и помех (УЗ).

Для выполнения перечисленных функций и служит система передачи и распределения электрической энергии, которая включает в себя: электрические провода; монтажное и установочное оборудование; распределительные устройства; аппаратуру защиты; коммутационную аппаратуру; устройство защиты от помех и статического электричества; приборы контроля за работой источников и потребителей.

По назначению и количеству входящих в нее элементов система распределения электрической энергии является важнейшей составной частью электрооборудования самолета и определяет в значительной степени его технические и эксплуатационные показатели. Важность и сложность функций, осуществляемых системой распределения электрической энергии, а также специфичность условий ее эксплуатации предъявляет к системе

весьма высокие требования, выполнение которых должно гарантировать надежность и безотказность снабжения электроэнергией потребителей на самолете.

Классификация электрических сетей

Основным элементом системы распределения электрической энергии является самолетная электрическая сеть. Электрическую сеть самолета классифицируют по способу и системе распределения электрической энергии, назначению, техническому исполнению – конфигурации (геометрии), защите, канальности, электрическим параметрам (роду тока и напряжению), системе передачи электроэнергии и т.п. [2].

По способу распределения электрической энергии. Электрическая энергия может распределяться автономно (с раздельным распределением электроэнергии) и неавтономно (с распределением электроэнергии при параллельной работе источников).

По системе распределения электрической энергии. Применяются четыре системы распределения электрической энергии: централизованная, смешанная, децентрализованная и раздельная (автономная). Указанные системы в равной степени распространяются на системы электроснабжения постоянным и переменным током и могут использоваться одновременно на самолете. Первые три системы предусматривают параллельное включение источников энергии; они применяются при неавтономном способе распределения электроэнергии.

Для современных самолетов характерна *децентрализованная система* распределения электрической энергии, которая характеризуется тем, что энергия от источников подается не к одному ЦРУ, а к нескольким ЦРУ (основным шинам энергоузла), расположенным рядом с генераторами. От каждого ЦРУ энергия поступает к близлежащим потребителям непосредственно или через УР, размещенным в кабинах членов экипажа или в местах группового расположения потребителей. Для увеличения «живучести» энергосистемы все ЦРУ соединяются между собой или объединяются в две самостоятельные группы, которые при аварийном режиме источников переключаются на совместную работу с помощью АВР.

По электрическим параметрам классифицируются на сети постоянного тока низкого напряжения (27 В) и трехфазного переменного тока высокого напряжения (200/115 В) стабильной частоты 400 Гц, получившие преимущественное распространение в первичных энергосистемах. Во вторичных (третичных) энергосистемах применяются в основном сети трех- и однофазного переменного тока (36 и 115 В), а также постоянного тока 27 В.

По системе передачи электроэнергии. На самолетах, как правило, применяется однопроводная система передачи, при которой к каждому источнику и потребителю подводится лишь плюсовой провод. В качестве минусового провода используется металлический корпус самолета.

Трехпроводная система передачи с заземленной (когда в качестве нулевого провода используется корпус самолета) силовой нейтралью применяется в основном в энергосистемах трехфазного переменного тока.

Система распределения электроэнергии самолета Ту-204

Система распределения электроэнергии предназначена для передачи электроэнергии от системы генерирования электроэнергии к распределительным устройствам и от распределительных устройств к потребителям электроэнергии.

Система распределения электроэнергии самолета (рис.42) состоит из:

- системы распределения электроэнергии трехфазного переменного тока постоянной частоты;
- системы распределения электроэнергии постоянного тока.

Конструктивно схема распределения электроэнергии переменного трехфазного тока постоянной частоты и постоянного тока состоит из двух независимых подсистем (левой и правой) каждая.

Первичная система распределения электроэнергии показана на рис.42.

Вторичные системы распределения электроэнергии переменного и постоянного тока (от шин распределительных устройств к приемникам электроэнергии) являются составными частями потребителей электроэнергии переменного и постоянного тока соответственно.

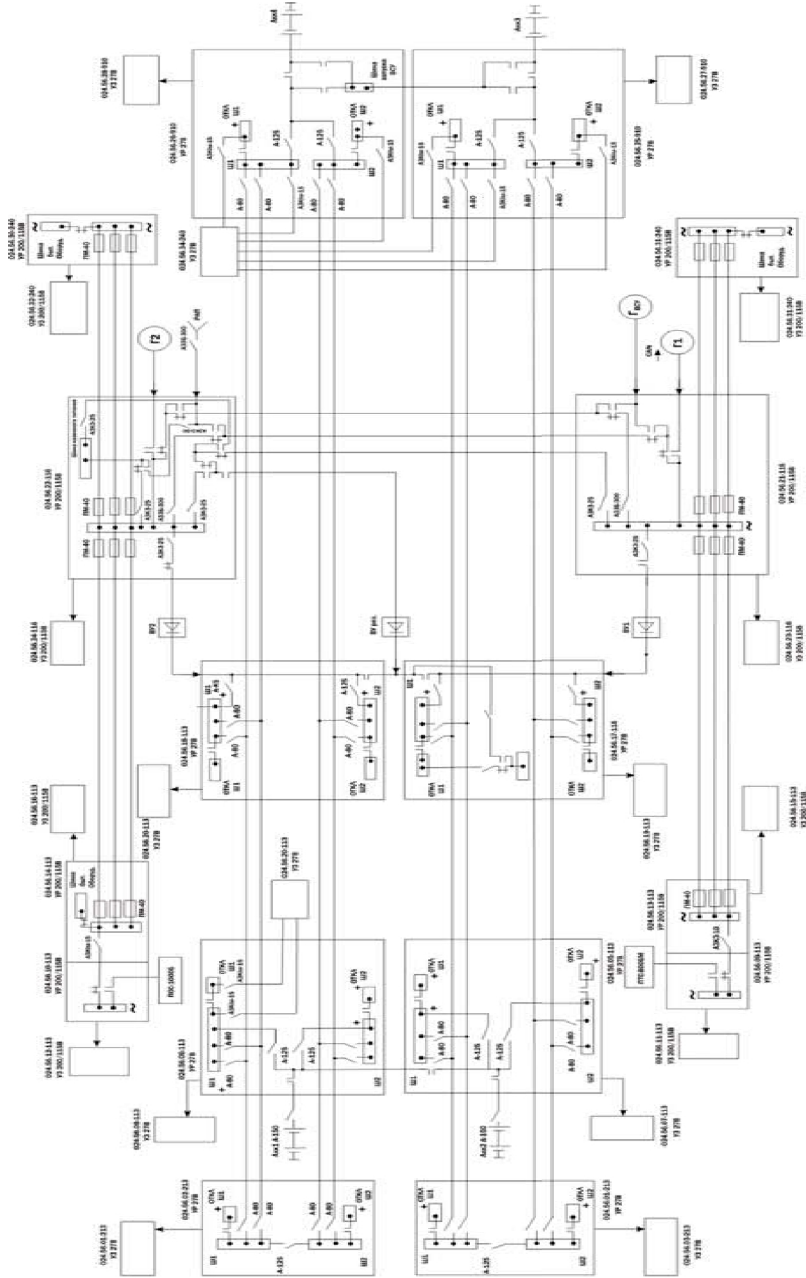


Рис. 42. Первичная система распределения электроэнергии

Система распределения переменного трехфазного тока постоянной частоты и система распределения электроэнергии постоянного тока состоит из:

- устройств распределения (УР) и устройств защиты (УЗ) с аппаратурой защиты и коммутационной аппаратурой;
- электропроводов (далее по тексту – проводов).

Первичная система распределения электроэнергии переменного трехфазного тока

Первичная система распределения электроэнергии переменного тока радиальная с тройным расщеплением фаз (по три провода в каждой фазе) обеспечивает нормальное электроснабжение при отказе одного из проводов фазы.

провода первичной системы распределения электроэнергии переменного тока имеют двухстороннюю защиту плавкими малоинерционными предохранителями типа ПМ с номиналом 40 А.

В распределительных устройствах левой (правой) подсистем переменного тока имеются:

- шины генераторов Г1, Г2;
- шины бытового оборудования;
- шины ПТС;
- шины ПОС.

Первичная система распределения постоянного тока

Первичная система распределения электроэнергии постоянного тока выполнена расщепленной по радиально-кольцевой схеме (рис.42).

Левая и правая подсистемы первичной распределительной сети имеют две секции шин (шины 1 и шины 2), соединенные между собой переключателями с автоматами защиты сети, что обеспечивает высокую надежность питания при отказах проводов сети или коротких замыканиях.

В левой (правой) подсистеме распределения электроэнергии постоянного тока имеются:

- шины 1 и шины 2;
- отключение шины 1 и отключаемые шины 2.

Шины 1 и 2 первичной системы распределения постоянного тока являются одновременно аварийными при полете на аккумуляторах.

1.5. Потребители электрической энергии

1.5.1. Электропривод механизмов, агрегатов и органов управления летательных аппаратов

Одним из наиболее распространенных потребителей электрической энергии на борту летательного аппарата являются электрические двигатели и электромагнитные устройства, служащие для приведения в действие и управления исполнительными механизмами, агрегатами и различными органами управления в системах летательного аппарата (ЛА), входящих в состав электропривода.

Простейшая схема электропривода представлена на рис.43.

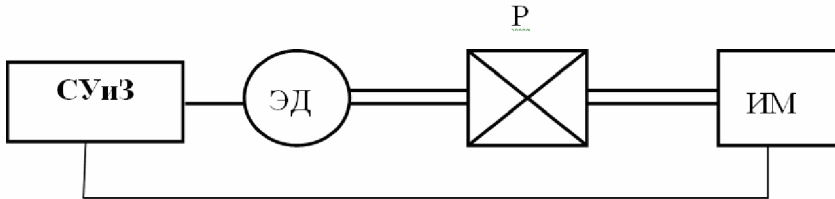


Рис.43. Схема электропривода:

СУиЗ - система управления и защиты; ЭД - электрический двигатель;
Р - редуктор ЛА; ИМ - исполнительный механизм

К самолетным механизмам и устройствам, приводимым в движение от электрических двигателей, предъявляются особые требования как в отношении быстроты действия, так и в отношении точности выполнения заданных операций, движения по определенному закону или по установленной программе, прохождения ограниченного пути и пр., что значительно усложняет приведенную схему, включая в нее управляющие и регулирующие устройства, устройства защиты и ограничения движения и сигнализации.

Достижение заданных характеристик обычно связано с повышением скоростей, увеличением ускорений, что приводит к механическим перенапряжениям и электрическим перегрузкам. Но, по соображениям надежности и безопасности действия, приходится механические и электрические нагрузки и перегрузки ограничивать до допустимых пределов.

Все это требует изучения переходных режимов электропривода с целью определения времени пуска, торможения, реверса, длительности перехода от одного состояния к другому, а также для получения всех необходимых данных для построения так называемых *нагрузочных диаграмм*, т.е. зависимостей вращающего момента M , мощности P , тока t , скорости вращения двигателя n пройденного механизмом пути ℓ от времени

$$M = f(t); P = \varphi(t); I = \psi(t); \\ n = \xi(t), \ell = \eta(t).$$

Детальный анализ переходных режимов дает возможность:

1) выбрать для каждой рабочей машины оптимальное сочетание механических (рабочих и тормозных) характеристик электродвигателей;

2) найти совершенные принципы автоматизации управления электроприводом с точки зрения наилучшего использования двигателей и достижения наибольшей эффективности и производительности работы исполнительных механизмов;

3) установить определенные требования к аппаратуре управления и другим звеньям системы автоматизированного электропривода.

Теоретический анализ переходных процессов связан с основным уравнением движения электропривода, представляющим баланс его мощностей

$$M_d \omega = M'_{с.м} \omega' + F_c v + M_{тр} \omega + \frac{d}{dt} \left[\frac{J'_m \omega'^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \frac{J_d \omega^2}{2} \right]. \quad (1)$$

где M_d – вращающий момент электродвигателя; ω – угловая скорость вращения электродвигателя;

$M'_{с.м}$ – статический момент сопротивления элемента исполнительного механизма, совершающего вращательное движение;

ω' – угловая скорость элемента исполнительного механизма, совершающего вращательное движение;

F_c – статическая сила сопротивления элемента исполнительного механизма, совершающего поступательное движение;

$M_{тр}$ – момент трения системы передач, отнесенный к оси электродвигателя;

J'_m – момент инерции элемента исполнительного механизма, совершающего вращательное движение;

m – масса звена исполнительного механизма, совершающего поступательное движение;

v – скорость звена, имеющего поступательное движение;

J_d – момент инерции ротора двигателя.

Однако в практике электропривода ЛА большей частью момент инерции исполнительного механизма можно считать неизменным. В этом случае уравнение движения привода имеет более простой вид:

$$M_d = M_c + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2)$$

где $J_d + J_m = J$, $M_c = M_{c,m} + M_{гр}$.

В электроприводе могут иметь место следующие переходные режимы:

1) пуск;

2) торможение динамическое, противовключением и рекуперативное (с возвратом энергии);

3) реверсирование или изменение направления вращения;

4) переход от одной нагрузки к другой.

Электрические и механические процессы в электроприводах при переходных режимах могут быть описаны в общем виде следующими уравнениями:

уравнением, выражающим баланс напряжений и э.д.с для цепи якоря электродвигателя:

$$R_{я} i_{я} + w_c \frac{d\Phi_c}{dt} + L_{я} \frac{di_{я}}{dt} + E_{я} = U \quad (3)$$

уравнением движения электропривода:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_d - M_c, \quad (4)$$

а также уравнениями

$$E_{я} = C_{я} \Phi_{я} \omega, \quad (5)$$

$$M_d = C_{я} \Phi_{я} i_{я}, \quad (6)$$

где $R_{я}$ – омическое сопротивление цепи якоря;

Φ_c – поток, сцепленный с обмоткой возбуждения;

$\Phi_{я}$ – поток якоря;

$L_{я}$ – индуктивность якоря;

E_y – э.д.с., наводящаяся в якоре при вращении;
 U – напряжение источника тока;
 J – суммарный приведенный момент, развиваемый двигателем;
 M_d – вращающий момент, развиваемый двигателем;
 M_c – суммарный статический момент сопротивления, приведенный к валу двигателя;
 ω – угловая скорость вращения;
 w_c – число витков последовательной обмотки возбуждения;
 C_y – коэффициент, зависящий от конструктивных параметров двигателя.

Переходные процессы при пуске, реверсе и торможении определяются уравнениям (3)–(6) и различными начальными условиями.

Уравнения для различных типов двигателей, характеризующихся своими схемами, должны учитывать их специфику.

Рассмотрим основные переходные процессы для часто применяемых электрических двигателей в электроприводах ЛА, тип которых определяется их основными характеристиками.

Характеристиками, определяющими основные свойства электроприводов, являются:

- 1) скоростная характеристика – зависимость скорости вращения от тока якоря;
- 2) механическая характеристика – зависимость скорости вращения от момента нагрузки;
- 3) зависимость вращающего момента от тока якоря;
- 4) обратная зависимость тока, потребляемого якорем, от момента нагрузки.

В зависимости от схем включения электродвигателей и условий питания их от источников электроэнергии различают три категории характеристик, а именно:

- 1) естественные характеристики, имеющие место при номинальном напряжении на зажимах двигателя и отсутствии добавочных сопротивлений в цепях обмотки двигателя;
- 2) искусственные характеристики, получаемые путем включения добавочных сопротивлений последовательно или параллельно обмоткам двигателя или путем создания искусственной асимметрии напряжений на зажимах двигателя;

3) эксплуатационные характеристики, учитывающие изменения напряжения на зажимах двигателя вследствие изменения напряжения источников электроэнергии и падения напряжения в проводах самолетной электрической, а также изменения частоты переменного тока.

Для двигателей постоянного тока можно выделить три типа этих характеристик в зависимости от схемы возбуждения (рис. 44).

Электродвигатели параллельного и независимого возбуждения:

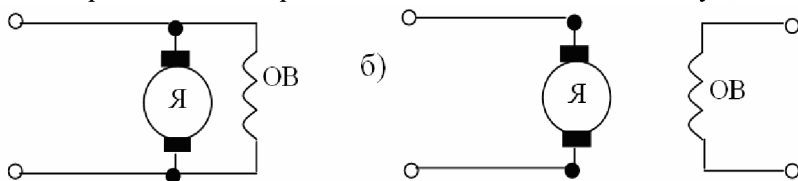


Рис. 44. Электродвигатели параллельного и независимого возбуждения:
 а) электродвигатель параллельного возбуждения;
 б) электродвигатель независимого возбуждения

В естественных условиях зависимость вращающего момента двигателя параллельного возбуждения от тока якоря определяется кривой, показанной на рис. 45. Эту кривую можно с достаточной степенью точности аппроксимировать уравнением

$$M = kI_{\text{я}}^m. \quad (7)$$

При отсутствии реакции якоря $m=1$; с учетом реакции якоря $m < 1$.

Для большинства двигателей параллельного и независимого возбуждения $m=0,7 \div 0,9$.

Из формулы (7) можно установить и обратную зависимость, т.е.

$$I_{\text{я}} = bM^q, \quad (8)$$

где $q = \frac{1}{m} \geq 1$.

Из формулы (8) следует, что потребляемый якорем ток и поглощаемая двигателем мощность изменяются не прямо пропорционально моменту нагрузки, а в большей степени. Поэтому двигатели параллельного и независимого возбуждения электрически

очень чувствительны к изменениям момента нагрузки и находят применение в основном при ровной, спокойной нагрузке.

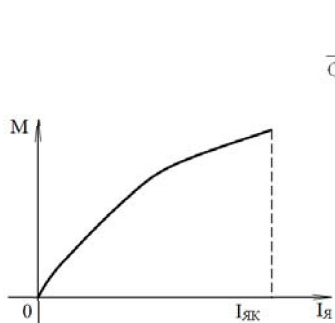


Рис. 45. Зависимость вращающего момента от тока якоря для электродвигателя с параллельным возбуждением

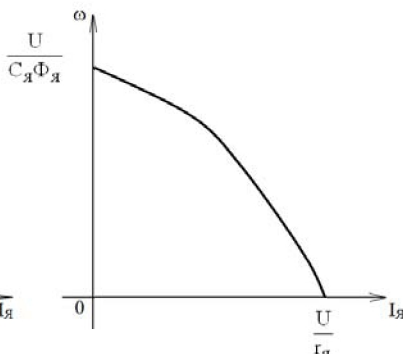


Рис. 46. Скоростная характеристика двигателя с параллельным возбуждением

Зависимость скорости вращения двигателей параллельного и независимого возбуждения от тока якоря, т.е. скоростная характеристика, показана на рис. 46.

Механическая характеристика двигателей параллельного и независимого возбуждения определяется уравнением

$$\omega = \frac{U - r_{я} \frac{M_{э}}{C_{я} \Phi_{я}}}{C_{я} \Phi_{я}} = \frac{E_{я}}{C_{я} \Phi_{я}} = \frac{U - r_{я} I_{я}}{C_{я} \Phi_{я}}, \quad (9)$$

где $E_{я}$ – э.д.с. якоря;

$\Phi_{я}$ – поток, проходящий через якорь;

$C_{я}$ – постоянная, определяемая параметрами двигателя;

$r_{я}$ – сопротивление цепи якоря;

$I_{я}$ – ток якоря.

Электромагнитный вращающий момент $M_{э}$ связан с моментом на валу соотношением $M = \eta_m M_{э}$, где η_m – коэффициент, учитывающий наличие потерь на трение и магнитных.

На основании механической характеристики можно установить следующие основные режимы работы двигателя (рис. 47).

Участок характеристики, находящийся в квадранте I и соответствующий изменению скорости вращения от скорости идеального холостого хода до нуля, определяет двигательный режим.

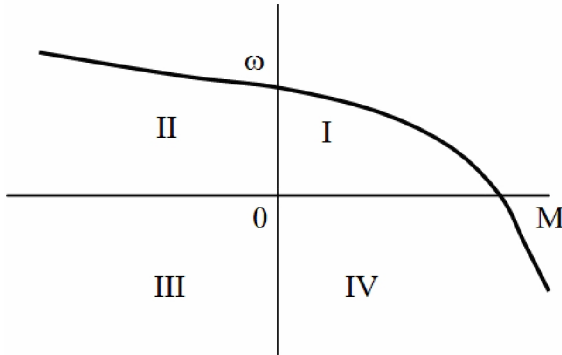


Рис. 47. Механическая характеристика двигателя параллельного возбуждения

В квадранте II характеристика лежит выше точки скорости идеального холостого хода. При этом $I_a \leq 0$ и $M_s \leq 0$, т.е. двигатель потребляет механическую мощность от исполнительного механизма и отдает электрическую мощность в сеть, что соответствует генераторному режиму, вызывающему так называемое рекуперативное торможение.

В квадранте IV характеристика лежит ниже оси абсцисс, что соответствует $\omega < 0$, $I_a > 0$. В этом режиме двигатель потребляет как механическую мощность, так и электрическую мощность из сети. Суммарная потребляемая двигателем мощность превращается в мощность тепловых, магнитных и механических потерь в самом двигателе, работающем тормозом. Так как при этом двигатель имеет скорость вращения, противоположную той, для которой включены его обмотки, то этот вид торможения принято называть торможение с *противовключением*.

Для оценки механической характеристики принято пользоваться понятием жесткости характеристики, равной

$$\beta = -\frac{dM_s}{d\omega} . \tag{10}$$

Жесткость механической характеристики двигателя параллельного возбуждения на основании уравнения (9) равна:

$$\beta = \frac{C_{я}^2 \Phi_{я}^2}{r_{я}} . \quad (11)$$

Иногда от электродвигателей требуется получение характеристик, отличающихся различной жесткостью, различными значениями скоростей холостого хода, моментов короткого замыкания и пр. Для этой цели прибегают к искусственному изменению характеристик путем включения дополнительных сопротивлений в цепь якоря или цепь обмотки возбуждения. Ниже рассматриваются искусственные характеристики двигателей с параллельным и независимым возбуждением при наиболее часто применяемых способах включения дополнительных сопротивлений.

Если в цепь обмотки возбуждения включить реостат $R_{д}$ (рис. 48), с помощью которого можно изменять ток возбуждения, а следовательно, и магнитный поток якоря, то можно увеличивать скорость идеального холостого.

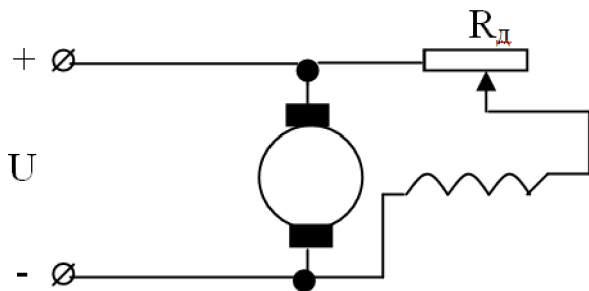


Рис. 48. Схема электродвигателя с реостатом в цепи обмотки возбуждения хода по сравнению с номинальной (рис. 49, 50)

Искусственные механические характеристики различной жесткости могут быть получены также путем изменения сопротивления цепи якоря (рис. 51).

В процессе эксплуатации напряжение на зажимах электродвигателей не остается постоянным как вследствие возможного изменения напряжения источников электроэнергии, так

и вследствие падения напряжения в проводах, подводящих ток к электродвигателям. Поэтому характеристики электродвигателей, работающих в действительных условиях, - так называемые *эксплуатационные характеристики*, - могут значительно отличаться

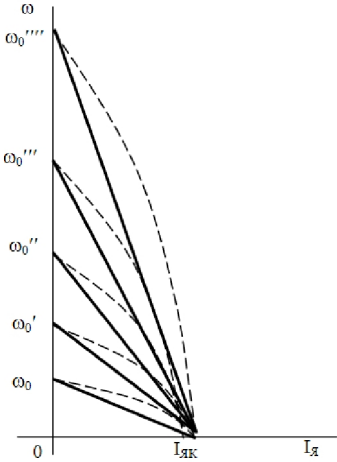


Рис. 49. Скоростные характеристики двигателя параллельного возбуждения с реостатом в цепи обмотки возбуждения.

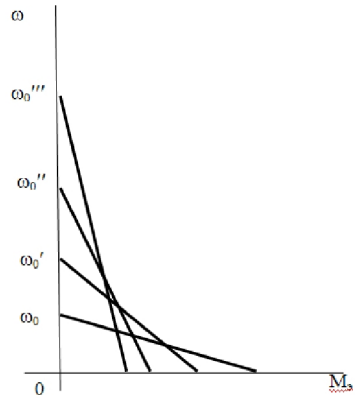


Рис.50. Механические характеристики электродвигателя при различных значениях сопротивления реостата цепи обмотки возбуждения

от естественных характеристик, снятых при номинальном напряжении на зажимах двигателей.

В двигателях параллельного возбуждения или в двигателях с независимым возбуждением, а также с постоянным потоком якоря отсутствует последовательная обмотка возбуждения, поэтому $w_c = 0$.

Для некоторого облегчения рассмотрения процессов магнитный поток якоря двигателя параллельного возбуждения или двигателя с независимым возбуждением принимается постоянным:

$$\Phi_{я} = \text{const.}$$

На основании этого процесса в электроприводе с двигателями параллельного возбуждения, имеющими постоянный ток якоря, описываются следующими уравнениями:

$$i_{я}R_{я} + L_{я} \frac{di_{я}}{dt} + C_{я}\Phi_{я}i_{я} = U; \tag{12}$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = C_{\text{я}} \Phi_{\text{я}} i_{\text{я}} - M_{\text{с}} \quad (13)$$

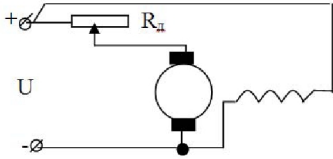


Рис. 51. Схема электродвигателя с реостатом в цепи якоря

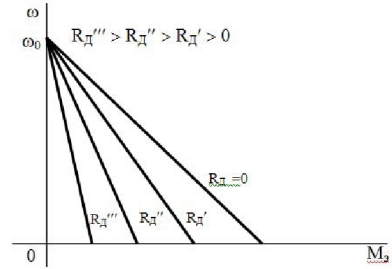


Рис. 52. Механические характеристики двигателя при различных значениях сопротивления реостата в цепи

Процессы изменения тока и скорости вращения при пуске с реактивным моментом сопротивления изображены на рис. 52.

Процессы изменения тока и скорости вращения при пуске с реактивным моментом сопротивления изображены на рис. 52.

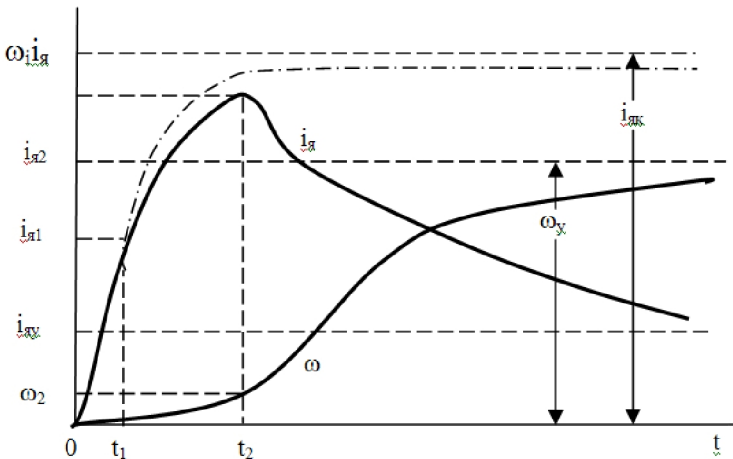


Рис. 53. Процессы изменения скорости и тока якоря при пуске двигателя независимого возбуждения

Как видно, до точки, соответствующей t_1 , ток нарастает по кривой, определяемой уравнением

$$i_{\text{я}} R_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} = U. \quad (14)$$

Согласно изложенному выше, весь процесс пуска разделяется на три этапа (см. рис.53).

Первый этап характеризуется явлениями, происходящими в неподвижном двигателе с момента приключения цепи якоря его к источнику тока до момента начала трогания t_1 .

Второй этап относится к разбегу двигателя в интервале времени от момента трогания до момента t_2 , соответствующего максимуму тока.

Третий этап соответствует дальнейшему разбегу двигателя до установившейся скорости вращения при постепенном убывании тока в цепи якоря.

Для двигателей независимого и параллельного возбуждения индуктивность цепи якоря $L_{\text{я}}$ определяется потоками рассеяния и составляет обычно незначительную величину. Поэтому длительности первого и второго этапов незначительны, и процесс пуска определяется третьим этапом.

Электродвигатели последовательного возбуждения представлены схемой (рис. 54).

Обычно рабочий диапазон изменения тока якоря соответствует полунасыщенному состоянию магнитной цепи двигателя и определяется начальным участком кривой $M=f(I_{\text{я}})$. Этот участок кривой может быть достаточно точно аппроксимирован зависимостью

$$M = C_1 I_{\text{я}}^x, \quad (15)$$

где $x > 1$ и составляет от 1,3 до 1,5.

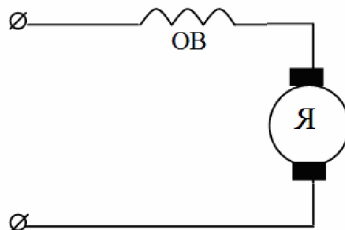


Рис. 54. Схема электродвигателей последовательного возбуждения

Из формулы (15) можно установить и обратную зависимость, т.е.

$$I_{\text{я}} = C_{\text{М}} M^{\gamma}, \quad (16)$$

$$\gamma = \frac{1}{x} < 1. \quad (17)$$

Из формулы (16) следует, что потребляемый якорем ток и поглощаемая двигателем мощность в зависимости от момента изменяются на прямо пропорционально нагрузочному моменту, а в меньшей степени. Следовательно, двигатель последовательного возбуждения электрически менее чувствителен к изменениям нагрузки на валу, чем двигатель параллельного возбуждения.

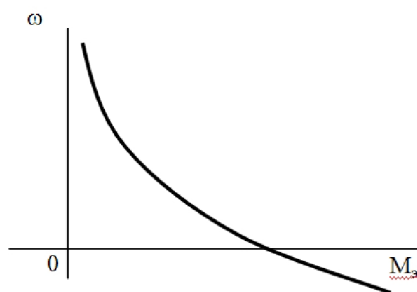


Рис. 55. Механическая характеристика двигателя последовательного возбуждения

Механическая характеристика двигателя последовательного возбуждения (рис.55) лежит в двух квадрантах I и IV. I квадрант соответствует двигательному режиму, IV квадрант – режиму противовключения. То, что характеристика не проходит через II показывает, что в естественных условиях двигатель последовательного возбуждения не может работать в режиме рекуперации энергии. Характерно, что у двигателя последовательного возбуждения пусковой вращающий момент больше, чем у двигателя параллельного возбуждения, имеющего тот же номинальный момент и ту же номинальную мощность. Это объясняется тем, что, хотя в момент пуска ток якоря двигателя параллельного возбуждения больше, чем у двигателя последовательного возбуждения, поток якоря оказывается сильно ослабленным вследствие увеличенной реакции якоря и падения напряжения в проводах, вызывающего уменьшение тока в обмотке возбуждения. У двигателя последовательного возбуждения эти

явления отсутствуют, так как увеличение реакции якоря вследствие возрастания тока якоря компенсируется увеличением тока в обмотке возбуждения; ток в обмотке возбуждения во время пуска в несколько раз больше номинального.

Наиболее часто встречается искусственная характеристика двигателя последовательного возбуждения, получаемая при включении дополнительного сопротивления в цепь якоря (рис. 56).

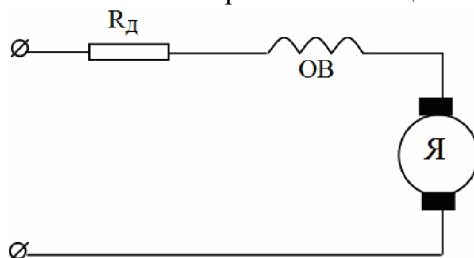


Рис. 56. Схема включения дополнительного сопротивления в цепь якоря двигателя

На рис. 57 изображены скоростные характеристики для различных значений дополнительного сопротивления. Верхняя кривая, нанесенная пунктирной линией, является *пограничной характеристикой*. Эта кривая представляет собой скоростную характеристику идеального двигателя с сопротивлением цепи якоря, равным нулю.

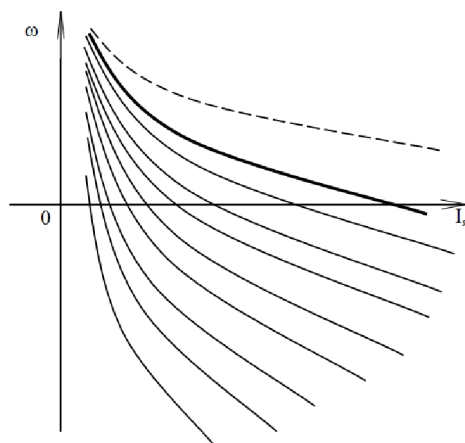


Рис. 57. Скоростные характеристики двигателя последовательного возбуждения при различных значениях добавочного сопротивления

Скорость вращения такого двигателя, называемая *пограничной скоростью*, определяется формулой

$$\omega_{gp} = \frac{U}{C_{\text{я}} \Phi_{\text{я}}} \quad (18)$$

Следующей за кривой пограничной характеристики на рис.36 нанесена естественная характеристика, соответствующая $R_{\text{д}} = 0$. Кривые, лежащие ниже кривой естественной характеристики, представляют собой так называемые реостатные характеристики, получаемые при различных значениях $R_{\text{д}}$.

Двигатель последовательного возбуждения может работать в режиме *динамического* торможения. Для этого в обмотку якоря, принудительно вращаемого исполнительным механизмом в ту же сторону, что и в двигательном режиме, замыкают на сопротивление, и тем самым двигатель переводится в генераторный режим.

На характеристики двигателей последовательного возбуждения оказывают влияние имеющие место в процессе эксплуатации изменения напряжения источников электроэнергии и падения напряжения в проводах.

Весь процесс пуска в ход двигателей последовательного возбуждения, как и двигателей с параллельным или независимым возбуждением, разбивают на три этапа:

Первый этап соответствует нарастанию тока при неподвижном якоре до такого значения, при котором наступает трогание с места (вращение) всего агрегата; время, в течение которого якорь с момента приключения к сети еще находится в покое t_1 .

Второй этап относится к промежутку времени ($t_2 - t_1$) с момента начала вращения якоря до момента достижения током максимума.

В третьем этапе происходит спадание тока и дальнейшее нарастание скорости до значения, соответствующего установившемуся режиму.

В двигателях последовательного возбуждения ток якоря является также и намагничивающим током, поэтому основное уравнение, характеризующее электрический переходный процесс пуска в ход двигателя, имеет следующий вид:

$$U - C_{\text{я}} \omega \Phi_{\text{я}} = R_{\text{я}} i_{\text{я}} + w_{\text{с}}^{\sigma} \frac{d\Phi_{\text{я}}}{dt} + L_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt}, \quad (19)$$

где $\sigma = \frac{\Phi_{\text{в}}}{\Phi_{\text{я}}}$ - коэффициент рассеяния.

Электромеханический же процесс описывается следующим уравнением:

$$J \frac{d\omega}{dt} = C_{\text{я}} \Phi_{\text{я}} i_{\text{я}} - M_{\text{с}}. \quad (20)$$

Двигатель смешанного возбуждения может работать как в режиме торможения противовключением, так и в режиме генераторного торможения. Однако наибольший ток генераторного торможения имеет ограниченную величину.

В условиях эксплуатации необходимо учитывать наличие проводов, соединяющих двигатель с источником электроэнергии. На рис. 58 изображена схема включения двигателя для этого случая, на которой $r_{\text{д}}$ означает сопротивление соединительных проводов.

Согласно схеме (рис.58)напряжение источника электроэнергии равно:

$$U = I_{\text{ш}} r_{\text{л}} + (I_{\text{я}} + I_{\text{ш}}) r_{\text{д}}. \quad (21)$$

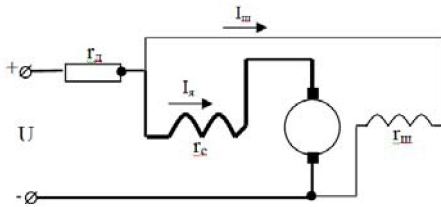


Рис. 58. Схема двигателя смешанного возбуждения с добавочным сопротивлением

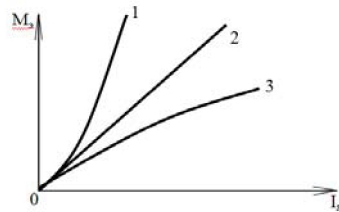


Рис. 59. Зависимости вращающих моментов от тока якоря для двигателей смешанного возбуждения

Зависимость $M_{\text{с}} = f(I_{\text{я}})$ представлена кривыми (рис. 59). Кривая f соответствует неравенству $kr_{\text{д}} + kr_{\text{ш}} > r_{\text{д}}$.

В этом случае зависимость $M_{\text{с}} = f(I_{\text{я}})$ приближается к естественной характеристике двигателя.

При $kr_{\text{д}} + kr_{\text{ш}} = r_{\text{д}}$, вращающий момент пропорционален току якоря и зависимость его от тока якоря изображается прямой 2.

При $kr_o + kr_{iu} < r_d$, что имеет место при больших значениях сопротивления проводов, зависимость $M_3 = f(I_я)$ та же, что и для двигателя параллельного возбуждения.

Механические и электрические свойства электродвигателей различных способов возбуждения определяют области применения их для целей самолетного электропривода.

Электродвигатели параллельного возбуждения применяют там, где требуется сохранение практически постоянной скорости вращения, где нет резких изменений момента сопротивления исполнительного механизма, могущих вызвать резкие колебания потребляемой двигателем мощности, где не требуется от электродвигателя большого пускового момента, где не требуется изменения направления вращения и в случаях необходимости рекуперативного торможения.

Как было отмечено ранее, двигатели с параллельным возбуждением, работающие с относительно малыми нагрузочными моментами, имеют почти постоянную скорость вращения, не зависящую от напряжения. Это важное свойство двигателей параллельного возбуждения используется в тех случаях, когда требуется иметь привод с постоянной скоростью вращения в режимах, близких к холостому ходу.

Примерами применения электродвигателей параллельного возбуждения могут служить:

- привод бензонасосов;
- привод механизмов аэрофотоаппаратов;
- привод механизмов электросбрасывателей;
- и т.п.

Электродвигатели последовательного возбуждения получили на самолетах наибольшее распространение. Их применяют в тех случаях, когда изменение скорости вращения в широком диапазоне не оказывает существенного влияния на рабочие процессы исполнительных механизмов, когда необходимы большие пусковые моменты, когда исполнительные механизмы испытывают резкие изменения нагрузки, когда требуется реверсирование и торможение, причем торможение возможно динамическое или с противовключением, так как свойством рекуперативного торможения двигателя последовательного возбуждения не

обладают. Так как двигатели последовательного возбуждения склонны идти «в разнос», то их применяют там, где они не могут работать без нагрузки.

В качестве примера применения электродвигателей последовательного возбуждения можно привести привод органов управления самолетом, привод шасси, закрылков, жалюзи и т.п.

Электродвигатели смешанного возбуждения используются на самолетах сравнительно реже. Необходимость в их применении возникает в тех случаях, когда нагрузочный момент резко изменяется и, в то же время, требуется сохранение почти постоянной скорости вращения, когда необходимо иметь большой пусковой момент, когда скорость вращения при холостом ходе должна быть ограниченной, когда не требуется реверс.

Наибольшее распространение в электроприводах переменного тока нашли асинхронные двигатели.

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя определяется уравнением

$$M_s = \frac{m_1}{\omega_1} \frac{U_1^2 \frac{c_1^2 r_2'}{s}}{(c_1 x_1 + c_1^2 x_2')^2 + \left(c_1 r_1 + \frac{c_1^2 r_2'}{s} \right)^2}, \quad (22)$$

где x_1 – индуктивное сопротивление рассеяния фазовой обмотки статора;

x_2' – индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора, приведенное к фазовой обмотке статора;

r_1 – активное сопротивление фазовой обмотки статора;

r_2' – активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к фазовой цепи статора;

c_1 – коэффициент рассеяния;

s – скольжение;

ω_1 – угловая скорость вращения магнитного поля;

m_1 – число фаз обмотки статора;

U_1 – напряжение на фазовой обмотке статора.

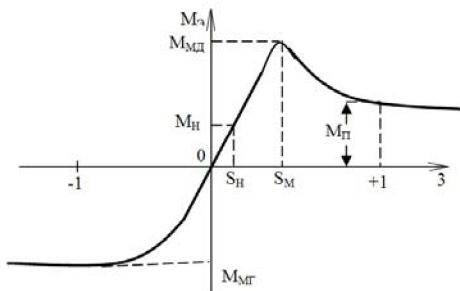


Рис. 60. Зависимость вращающего момента асинхронного двигателя от скольжения

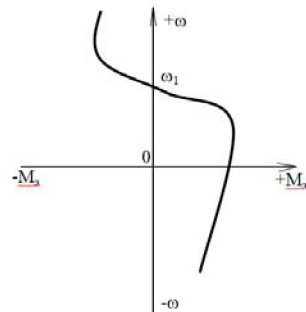


Рис. 61. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Анализ уравнения показывает, что при $s=0$, что соответствует вращению двигателя с синхронной скоростью, вращающий момент положителен, причем в пределах изменения скольжения от 0 до 1, когда ротор вращается в том же направлении, что и поле, имеет место двигательный режим; в пределах изменения скольжения от 1 до $+\infty$ ротор вращается противоположно по отношению к полю, что соответствует тормозному режиму противовключения. При $s = \infty$ наступает так называемое идеальное короткое замыкание двигателя.

В диапазоне изменения скольжения от 0 до $-\infty$ ротор вращается со скоростью, большей угловой скорости поля, что соответствует генераторному режиму. При этом вращающийся момент отрицателен.

Зависимость $M_э=f(s)$ изображена на рис.60. На основании этой зависимости на рис. 61 построена механическая характеристика асинхронного двигателя.

Искусственные характеристики для этих двигателей получаются включением в статорные обмотки двигателя либо дополнительного индуктивного сопротивления X_d , либо дополнительного сопротивления R_d .

При включении последовательно с каждой фазой статора дополнительного индуктивного сопротивления X_d максимальный момент и скольжение при максимальном моменте уменьшаются с увеличением X_d как в двигательном, так и в генераторном режимах.

Механические характеристики двигателя для различных значений X_d изображены на рис. 62.

Примерно такие же искусственные характеристики получаются при включении в каждую фазу дополнительного активного сопротивления R_d .

Если последовательно с каждой фазой статора включить конденсаторы, имеющие реактивное сопротивление X_c то увеличение X_c от 0 до X_r вызывает увеличение максимального момента и скольжения при максимальном моменте как в двигательном, так и в генераторном режимах. Однако при дальнейшем увеличении X_c вновь M_{max} и s_{max} уменьшаются.

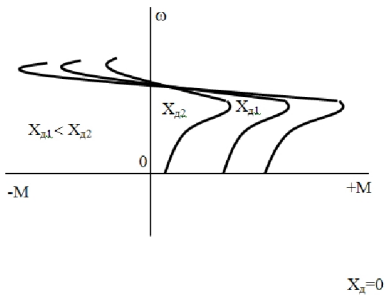


Рис. 62. Механические характеристики асинхронного двигателя с индуктивными сопротивлениями в цепи статора

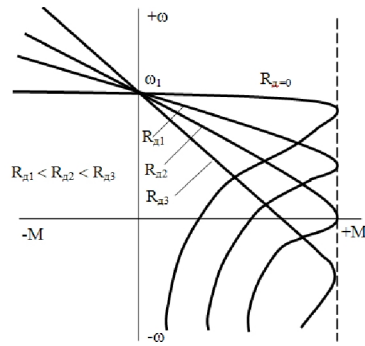


Рис. 63. Характеристики асинхронного двигателя при различных сопротивлениях ротора

Если в цепь ротора двигателя с контактными кольцами включить дополнительное сопротивление R_d , максимальные значения моментов как в двигательном, так и в генераторном режимах остаются неизменными, скольжения же при этих моментах изменяются пропорционально отношению

$$\frac{R_{d2} + r_2}{r_2}$$

Изменяя R_{d2} , можно получить семейство искусственных характеристик асинхронного двигателя, изображенное на рис. 63.

Асинхронный двигатель согласно естественной характеристике допускает генераторное торможение с рекуперацией энергии и

торможение с противовключением. Наряду с этими видами торможения находит применение *динамическое торможение двигателей*, для осуществления которого обмотку статора приключают или к источнику постоянного тока через выпрямители – к сети переменного тока.

Искусственные характеристики асинхронного двигателя, используемые для целей торможения и регулирования скорости электроприводов, получают также путем приключения обмотки статора к несимметричной системе напряжений.

В процессе эксплуатации возможны отклонения напряжения на зажимах двигателя и частоты переменного тока от номинальных значений, а также искажения симметрии напряжений. В связи с этим эксплуатационные характеристики асинхронных электродвигателей могут существенно отличаться от их естественных характеристик.

Влияние изменения напряжения. Вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения на его зажимах. Поэтому даже небольшие изменения напряжения сильно влияют на механическую характеристику. При понижении напряжения вращающий момент двигателя резко уменьшается, при повышении напряжения – увеличивается.

Влияние сопротивления соединительных проводов. Понижение напряжения на зажимах двигателя может происходить вследствие сопротивления соединительных проводов.

С увеличением сопротивления соединительных проводов происходит уменьшение как максимального, так и пускового моментов, причем на величине пускового момента сопротивление проводов сказывается в большей степени.

С увеличением сопротивления соединительных проводов происходит уменьшение как максимального, так и пускового, причем на величине пускового момента сопротивление проводов сказывается в большей степени.

Механические характеристики при повышенных сопротивлениях соединительных проводов имеют тот же общий вид, что искусственные механические характеристики, получаемые путем включения в фазы статора дополнительных сопротивлений.

Влияние изменения частоты. Если напряжение на зажимах двигателя остается постоянным, а частота переменного тока изменяется, то вследствие изменения индуктивного сопротивления

короткого замыкания x_k происходит изменение максимального и пускового моментов всей механической характеристики двигателя. Особенно сильно ухудшаются механические характеристики асинхронных двигателей при одновременном повышении частоты и понижении напряжения.

Влияние асимметрии фазовой системы напряжений на зажимах двигателя.

При наличии неравномерной нагрузки фаз электрической сети ЛА возникает искажение векторной диаграммы напряжений трехфазной системы, в результате чего на зажимах двигателей появляется напряжение обратной последовательности фаз. Наличие напряжения обратной последовательности приводит к появлению тормозных моментов и, следовательно, к ухудшению механической характеристики асинхронного двигателя.

В автоматизированном авиационном электроприводе малой мощности находят широкое применение асинхронны двухфазные двигатели с повышенным активным сопротивлением ротора.

Управление скоростью и направлением вращения двигателя осуществляется соответственно изменением величины напряжения на управляющей обмотке и изменением его фазы на противоположную. Если напряжение на управляющей обмотке равно по абсолютной величине напряжению на обмотке возбуждения, то в воздушном зазоре двигателя образуется круговое вращающееся магнитное поле. При этом делают допущение, что индукция, создаваемая каждым из полюсов, распределяется вдоль окружности ротора по синусоидальному закону. Если же напряжение на управляющей обмотке равно по абсолютной величине напряжению на обмотке возбуждения, то в воздушном зазоре двигателя образуется круговое вращающееся магнитное поле. При этом делают допущение, что индукция, создаваемая каждым из полюсов, распределяется вдоль окружности ротора по синусоидальному закону. Если же напряжение на управляющей обмотке не равно напряжению на обмотке возбуждения, то вращающееся поле в воздушном зазоре двигателя является эллиптическим.

Для получения уравнения механической характеристики в целях упрощения и выявления основных свойств двигателя пренебрегают явлением насыщения магнитопровода и индуктивным

сопротивлением рассеяния ротора. Считают также, что магнитные потоки в воздушном зазоре, вращающиеся в прямом и обратном направлениях, соответственно пропорциональны абсолютным значениями напряжений прямой и обратной последовательностей на зажимах двигателя, т.е.

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (23)$$

Последнее допущение равносильно тому, что напряжения на намагничивающихся ветвях в схемах замещения пропорциональны соответственно напряжениям прямой и обратной последовательностей на зажимах двигателя.

Мощность, развиваемая двигателем, определяется произведением электромагнитного момента на скорость вращения: $P_э = M_э \omega$, или, заменяя скорость вращения ее выражением по уравнению (24):

$$P_э = \omega_0 \left(M_э \frac{r M_э^2}{M_k} \right) = \omega_0 \frac{M_э}{M_k} (M_k - M_э). \quad (24)$$

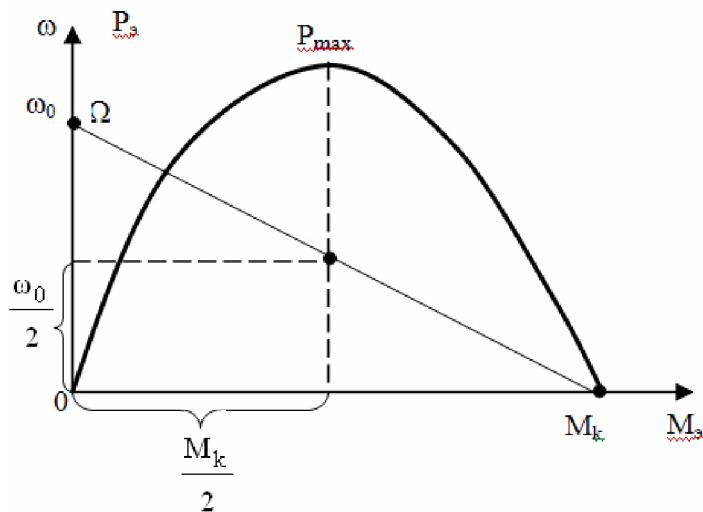


Рис. 64. Зависимость мощности двухфазного двигателя от нагрузочного момента

Зависимость $P_3 = f(M_3)$ может быть представлена параболой (рис. 64), причем максимальное значение механической мощности получается при

$$\omega = \frac{1}{2}\omega_0,$$

$$M_3 = \frac{1}{2}M_k \quad (25)$$

и равно $P_{\max} = \frac{1}{4}M_k\omega_0$.

Основными достоинствами, благодаря которым двухфазный двигатель нашел широкое применение в автоматизированных авиационных электроприводах малой мощности являются:

- 1) малый момент инерции ротора;
- 2) отсутствие трущихся контактов и связанные с этим конструктивная простота и надежность в эксплуатации;
- 3) хорошие регулировочные свойства.

Недостатками двухфазного асинхронного двигателя с повышенным активным сопротивлением ротора, затрудняющими его применение в мощных электроприводах, являются большой вес, приходящийся на единицу мощности, и низкий к.п.д. Однако при небольшой мощности привода эти недостатки незначительны.

Пуск асинхронного двигателя сопровождается как механическими, так и электрическими переходными процессами. Полное рассмотрение процесса пуска с учетом механических и электрических переходных явлений приводит к сложным математическим выражениям. Вместе с тем в асинхронных двигателях авиационного типа электрические переходные процессы протекают весьма кратковременно, и обычно не оказывают существенного влияния на весь процесс пуска. Поэтому ниже рассматривается процесс пуска с учетом лишь механических переходных явлений.

Механическое состояние электропривода в процессе пуска описывается уравнением

$$M_{\text{дв}} - M_c = J \frac{d\omega}{dt}. \quad (26)$$

Электромагнитные приводы

Электромагнитные механизмы широко применяются в электрооборудовании современных самолетов. Они являются неотъемлемой частью различного автоматических устройств и используются как в коммутационной аппаратуре, так и в качестве силового привода.

Электромагнитный привод в ЛА применяется в тех случаях, когда исполнительный механизм имеет малый ход или требуется поворот на небольшой угол и не приходится преодолевать больших усилий.

Примерами применения электромагнитного привода являются: электромагниты для закрытия и для открытия различных клапанов, электромагниты управления муфтами сцепления и тормозными устройствами, электромагниты управления тормозами колес шасси, электромагниты для управления интерцепторами и т.д.

Следует отметить ряд положительных качеств электромагнитов, вследствие которых последние нашли себе широкое применение в электрооборудовании самолетов:

1) значительные начальные и конечные усилия. При достаточно большом ходе электромагнит может совершить значительную механическую работу;

2) быстроедействие магнитов. В большинстве случаев время срабатывания и время отпускания их составляют от 0,02 до 0,1 сек., а при применение специальных конструкций электромагнитов и схем включения это время может быть уменьшено или, если необходимо, увеличено;

3) простота конструкции. Электромагнит с подвижным якорем является простейшей по конструкции электрической машиной, не требующей за собой специального ухода;

4) отсутствие специальных коммутирующих устройств обеспечивает надежность их работы и выносливость, что очень важно для электрооборудования ЛА;

5) малые габариты и вес при значительных развиваемых усилиях.

Недостатками электромагнитов, применяемых в качестве привода, следует считать:

1) ограниченность применения их (только в случае небольших поступательных или вращательных перемещений);

- 2) отсутствие регулировки по скорости движения и ходу;
- 3) невозможность осуществления реверсирования.

Сила тяги в простейшем случае, когда движение якоря электромагнита происходит по направлению силовых линий и поле в рабочем воздушном зазоре достаточно равномерно, может быть приближенно вычислена по формуле Максвелла:

$$F_3 = \left(\frac{B}{5000} \right)^2 S, \quad (27)$$

где F_3 – сила тяги в кг;

B – индукция магнитного поля в зазоре в Гс;

S – площадь поперечного сечения зазора в см².

В общем случае сила тяги электромагнита равна первой производной от запаса электромагнитной энергии электромагнита по перемещению якоря:

$$F_3 = \frac{dA}{d\delta}. \quad (28)$$

$$A = \frac{1}{2} LI^2, \quad (29)$$

где L – индуктивность обмотки;

I – ток в обмотке;

δ – перемещение якоря.

В электромагнитном приводе электромагнит играет роль простейшей электрической машины, электрические и динамические процессы в которой описываются дифференциальными уравнениями, аналогичными дифференциальным уравнениям, описывающим явления в электродвигателях постоянного тока. Электромагниты являются двигателями с небольшим ограниченным поступательным или вращательным перемещением якоря.

Весь процесс движения якоря электромагнита происходит обычно за очень короткое время. Вследствие того, что ход якоря ограничен, скорость его движения не устанавливается, а вся кинетическая энергия якоря рассеивается при ударе о стоп (об упор).

С точки зрения общепринятой классификации режимов работы двигателя весь цикл работы электромагнита совершается за время переходного процесса. Установившимся режимом работы электромагнита как электродвигателя следует считать его состояние

после срабатывания, когда якорь находится в покое, а электромагнит развивает статическую силу притяжения, обусловленную его конструкцией и параметрами.

В отличие от электродвигателей установившийся режим работы электромагнита есть режим покоя, а не движения с постоянной скоростью. У электромагнита переходный режим работы определяет скорость их срабатывания, т.е. быстродействие, а установившийся режим – конечные усилия, развиваемые ими.

С точки зрения длительности работы для электромагнитов характерными являются кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы.

При проектировании электромагнитов и реле, а также при необходимости использования уже готовых образцов требуется прежде всего выяснить, какие функции должно выполнять данной устройство и в какой схеме оно будет работать.

Имеется целый ряд областей применения электромагнитов, где вопросы быстродействия не играют существенной роли, а важно лишь то, чтобы электромагнит обеспечивал определенные начальные и конечные усилия, необходимые для перемещения и удержания тех или иных органов. В этом случае можно рассчитывать электромагнит только с точки зрения получения необходимых тяговых характеристик при наименьшем его весе и размерах. Но имеется ряд областей применения электромагнитов, где вопрос их быстродействия играет большую роль. Так, например:

1. В релейно-контакторных системах автоматического регулирования и в следящих системах этого типа электромагниты и реле, применяемые в них, являются нелинейными элементами, вносящими в систему запаздывание. Запаздывание может вызвать, если не принять соответствующих мер, недопустимо большие по амплитуде и малые по частоте автоколебания, делающие систему неработоспособной. Амплитуда автоколебаний будет тем больше, чем больше время срабатывания электромагнита. Следовательно, в таких системах необходимо применять быстродействующие электромагниты и реле.

2. В схемах бомбардировочного вооружения применение электромагнитов и реле накладывает ограничение на получение минимально возможного интервала времени между сбрасыванием бомб. Это обстоятельство имеет существенное значение для скоростных самолетов.

3. Использование электромагнитов и реле с большими временами срабатывания и отпускания в электрифицированных стрелковых установках может привести к уменьшению зоны обстрела оружия или излишнему расходованию боеприпасов.

Можно привести еще целый ряд примеров, где при применении электромагнитов в качестве привода или в качестве коммутационных элементов реле играют роль не только тяговые усилия, создаваемые ими, но и их временные параметры.

Процесс срабатывания электромагнита можно разбить на два этапа:

1) от момента включения обмотки до начала движения и 2) движения якоря.

Так как обмотка электромагнита обладает индуктивностью, то после приключения ее к сети ток в ней постепенно начинает возрастать от нуля (рис. 65). В первые моменты времени ток, а следовательно, и тяговое усилие электромагнита невелики и недостаточны для того, чтобы преодолеть силы сопротивления. Поэтому в течение некоторого промежутка времени, называемого временем трогания t_0 , якорь электромагнита остается неподвижным, а ток в обмотке при $L_1 = \text{const}$ нарастает по закону

$$i = I_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right), \quad (30)$$

где $I_y = \frac{U}{R}$ - установившееся значение тока;

$T_1 = \frac{L_1}{R}$ - постоянная времени обмотки при оттянутом якоря.

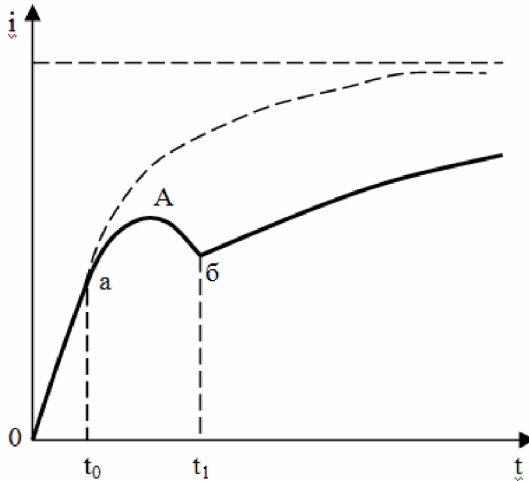


Рис. 65. Изменение тока в обмотке электромагнита

По прошествии времени t_0 ток в обмотке электромагнита достигает величины, при которой тяговое усилие начинает становиться больше силы сопротивления и якорь электромагнита приходит в движение. Во время движения якорь электромагнита преодолевает статические силы сопротивления и динамические силы, вызванные инерцией движущихся масс якоря и исполнительного механизма. Таким образом, время срабатывания электромагнита складывается из времени трогания $t_{тр} = t_0$ и времени движения $t_{д} = t_1 - t_0$:

$$t_{сраб.} = t_{тр} + t_{д}. \quad (31)$$

Полагая в уравнении (30) $i = I_{тр}$ и $t = t_{тр}$ получают

$$I_{тр} = I_y \left(1 - e^{-\frac{t_{тр}}{T_1}} \right).$$

Отсюда

$$t_{тр} = T_1 \ln \frac{I_y}{I_y - I_{тр}},$$

или

$$t_{\text{тр}} = T_1 \ln \frac{k_{\text{тр}}}{k_{\text{тр}} - 1}, \quad (32)$$

где

$$k_{\text{тр}} = \frac{I_y}{I_{\text{Тр}}}.$$

Как видно из формулы (32), время трогания тем меньше, чем меньше постоянная времени T_1 и чем больше коэффициент $k_{\text{тр}}$.

Представление о процессе изменения тока во время движения якоря дает рис., где изображена кривая нарастания тока в обмотке электромагнита. Как видно, нарастание тока до точки a происходит по закону экспоненты. Далее, когда якорь приходит в движение, изменяется индуктивность обмотки, нарастание тока замедляется и начиная с момента времени, соответствующего точке A , имеет место уменьшение тока.

В притянутом состоянии якоря электромагнит имеет индуктивность $L_2 > L_1$, и нарастание тока после притяжения якоря происходит по другой экспоненте с постоянной времени

$$T_2 = \frac{L_2}{R} > T_1.$$

В точке A

$$\frac{di}{dt} = 0, \text{ но э.д.с. } \frac{d}{dt}(L_1, i) = L_1 \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dx} \frac{dx}{dt}$$

не равна нулю, так как при движении якоря магнитная проводимость изменяется. В зависимости от того, быстро ли медленно движется якорь, ток в конце движения, в момент времени t (см. рис.) может быть меньше или больше тока трогания.

1.5.2. Примеры самолетного электропривода

Привод постоянного тока

Общие сведения

Электромеханизм типа МП-750ТВ (рис. 1) предназначен для дистанционного управления – различными агрегатами и

устройствами, совершающими возвратно-поступательное движение с номинальной осевой нагрузкой на штоке 7350 Н (750 кгс).

Электромеханизм состоит из следующих основных элементов:

- Электродвигателя постоянного тока типа Д-65ТВ.
- Редуктора планетарного типа.
- Винтовой шариковой пары.
- Блока микровыключателей типа В601-2-я серия.
- Штепсельного разъема — 2РТТ32Б10Ш15 (вилка) и 2РТТ32КПН10П5 (розетка).

Технические данные и условия эксплуатации

1. Напряжение питания 27 В ± 10%.
2. Осевая нагрузка на шток:
 - а) номинальная (помогающая или противодействующая) 7350 Н (750 кгс);
 - б) максимальная (помогающая или противодействующая) 12250 Н (1250 кгс).
3. Скорость хода штока:
 - а) при номинальной нагрузке, не менее 5 мм/с;
 - б) при максимальной нагрузке, не менее 3,5 мм/с.
4. Потребляемый ток:
 - а) при номинальной противодействующей нагрузке на штоке, не более 7 А;
 - б) при максимальной противодействующей нагрузке на штоке, не более 9,6 А.
5. Ход штока $(20 \div 140) \pm 2$ мм.

ПРИМЕЧАНИЕ:

- а) Под ходом штока понимается движение штока в одном направлении на расстояние, ограниченное микровыключателями.
- б) По особому требованию потребителя ход штока может быть установлен в указанном диапазоне с точностью ± 2 мм.
- в) При отсутствии особого требования предприятие выпускает электромеханизмы отрегулированными на ход штока 116 ± 1 мм.
- г) После срока службы штока допускается изменение хода на холостом ходу до 116 ± 2 мм.
6. Инерционный выбег штока на холостом ходу при напряжении 27 В не более 1 мм.

7.Осевой люфт при знакопеременной нагрузке 98 Н (10 кгс):

а) для нового электромеханизма, не более 0,3 мм;

б) для механизма, прошедшего срок службы, не более 0,5 мм.

8.Электромеханизм выдерживает одноразовую растягивающую и сжимающую осевую нагрузку в выпущенном положении штока 39200 Н (4000 кгс), после чего работоспособность его не гарантируется.

9.Режим работы электромеханизма — повторно-кратковременный:

а) при номинальной нагрузке и напряжении питания 27 В - выпуск штока, перерыв 10 с; уборка штока, перерыв 2 мин. Таких циклов 6, после чего охлаждение не менее 1 ч;

б) при максимальной нагрузке и напряжении питания 27 В — выпуск штока, перерыв 10 с; уборка штока, перерыв 2 мин. Таких циклов 2, после чего охлаждение не менее 1 ч.

10.Электромеханизм безотказно работает в следующих условиях:

а) при относительной влажности окружающей среды 95-100% при температуре $40^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$;

б) при изменении температуры окружающей среды от плюс 60°C до минус 60°C .

ПРИМЕЧАНИЕ: *Электромеханизм обеспечивает нормальную работу согласно режиму по п. 9 после нахождения его в нерабочем состоянии при температуре окружающей среды 80°C — в течение 2 ч и до 100°C — в течение 10 мин при атмосферном давлении $18,62\pm 1$ мм рт. ст.*

11.В условиях механических воздействий электромеханизм:

а) виброустойчив в диапазоне частот от 10 до 200 Гц и обеспечивает безотказную работу, вибропрочен в диапазоне частот от 25 до 200 Гц с амплитудам, соответствующими инерционным перегрузкам до 3,5 g;

б) выдерживает без повреждений ударную перегрузку с ускорением 5 g в диапазоне от 40 до 100 ударов в минуту.

Число ударов 10000.

12.Масса, не более 6,7 кг.

Блок микровыключателей

Блок микровыключателей, предназначен для размыкания цепи питания электродвигателя в крайних положениях штока и для

подачи сигналов крайнего выпущенного и крайнего убранного положений штока.

Микровыключатели 85 и кулачковый вал 25 собраны на кронштейне 24, который монтируется в корпусе 30 электромеханизма и крепится четырьмя винтами за приливы корпуса. Сверху блок микровыключателей закрывается крышкой 83. Программные кулачки 26 и 29 удерживаются от проворота на кулачковом валу 25 тарельчатыми пружинами 28, которые создают необходимый тормозной момент.

Программные кулачки 26 и 29 производят нажатие на кнопки микровыключателей через подпружиненные рычаги 84.

Система микровыключателей позволяет на собранном электромеханизме регулировать ход штока в пределах от 20 до 140 мм и подачу сигнала в крайних положениях штока.

Инструкция по эксплуатации

1. Электромеханизм крепится на объекте в любом положении. Крепление осуществляется за шарнирный подшипник 81, имеющийся в щите корпуса, и при помощи резьбы, нарезанной в щите 9 подвижного штока 12.

Габаритные размеры электромеханизма представлены на рис. 5.

2. Электромеханизм работает по двухпроводной схеме питания. Подвод питания осуществляется через штепсельный разъем. Схема управления электромеханизмом представлена на рис. 6.

Включение электромеханизма непосредственно через цепи его микровыключателей (без реле) не допускается.

3. При монтаже электромеханизма на объекте необходимо следить за согласованием хода штока механизма сходом агрегатного привода.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Для устранения заклинивания винтовой шариковой пары в крайних положениях необходимо, при монтаже электромеханизма, обеспечить запас хода (не менее 2,0 мм) на инерционный выбег.

4. Во время эксплуатации необходимо следить за состоянием крепления электромеханизма на объекте и присоединением штепсельного разъема.

5. При опробовании работы электромеханизма необходимо проверить крайнее, выпущенное и крайнее убранный положение штока, при этом напряжение питания должно быть пониженным.

Эксплуатация

Для надежной работы электромеханизма необходимо периодически проводить внешний осмотр, очищать наружную поверхность от пыли, грязи; влаги, масла, проверять исправность крепления и монтажа электромеханизма в соответствии с перечнем регламентных работ, которые проводятся в сроки регламентных работ объекта.

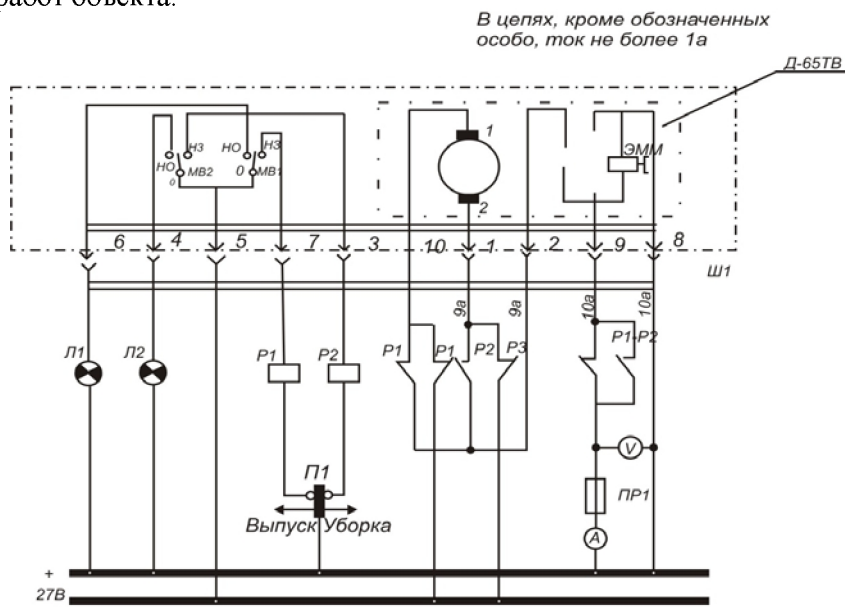


Рис. 66. Схема управления электромеханизмом МП-750ГТ

Регламентные работы

1. Проверить надежность и чистоту электрических контактов в штепсельном разьеме электромеханизма.
2. Проверить работу электромеханизма и работу ведомого объекта.
3. Смазать шарнирный подшипник в щите электромеханизма смазкой ОКБ-122-7 ГОСТ 18179-72.

При выявлении неисправности электромеханизм следует снять с объекта и заменить новые.

Привод переменного тока

Электропривод вращательный (ЭПВ-8)

Общая часть

1.1. Электропривод вращательный (в дальнейшем электромеханизм) ЭПВ-8П предназначен для выпуска и уборки предкрылков как в наземных, так и в летных условиях.

1.2. Электромеханизм работает совместно с коробками защиты электродвигателей (КЗД-2-10А-0,5 или КЗД-3) и коммутационной аппаратурой, входящей в принципиальную схему управления электромеханизмом.

1.3. Электромеханизм предназначен для эксплуатации на объектах с трехфазной системой питания переменного тока и питания обмоток электромагнитных муфт — по двухпроводной системе постоянного тока.

1.4. Реверсирование электромеханизма осуществляется путем переключения фаз обмоток электродвигателей.

При прямом чередовании фаз источника питания и соединении шин сети А, В, С соответственно с клеммами 3, 2, 1 штепсельного разъема направление вращения левое (со стороны выходного зала).

При соединении шин сети А, В, С соответственно с клеммами 2, 3, 1 штепсельного разъема — направление вращения правое. Левое направление вращения выходного вала соответствует выпуску предкрылков, правое — уборке.

1.5. Электромеханизм обеспечивает:

- вращение выходного вала от двух или одного электродвигателя
- ограничение максимального момента, передаваемого фрикционной муфтой;
- торможение выходного вала при отключенных электродвигателях;
- отладку системы при обесточенных электродвигателях с помощью ручного привода.

1.6. Принцип действия.

При подаче питания на клеммы штепсельных разъемов начинают вращаться роторы электродвигателей, срабатывают

электромагнитные муфты сцепления-торможения и вращение через понижающий планетарный редуктор с суммирующим дифференциалом и фрикционную муфту ограничения момента передается выходному валу электромеханизма.

При включении одного (любого) электродвигателя выходной вал вращается с частотой в два раза меньшей, сохраняя величину передаваемого момента.

2. Описание

2.1. Электромеханизм (рис. 2) состоит из следующих основных узлов: двух электродвигателей М1 и М2 переменного тока типа АДС-600Т, редуктора, фрикционной муфты ограничения момента 2, ручного привода 14.

Электродвигатель трехфазный, асинхронный с короткозамкнутым ротором. Соединение обмоток — «звезда» с нулевым проводом (в системе управления предкрылками нулевой провод не подключается). В электродвигатель встроена электромагнитная муфта сцепления-торможения. Обмотка муфты питается постоянным током. Питание электродвигателя осуществляется через штепсельный разъем, укрепленный на его корпусе. Исполнение электродвигателя — закрытое.

Электродвигатели устанавливаются на корпусе редуктора, фиксируются, посадочным буртиком и крепятся при помощи шпилек и гаек.

Для придания жесткости электромеханизму торцы электродвигателей скрепляются соединительной планкой 15.

2.2. Редуктор, состоящий из двух кинематических цепей, в каждой из которых по две планетарных ступени, предназначен для уменьшения частоты вращения и увеличения момента, передаваемого от электродвигателей выходному валу. При одновременной работе двух электродвигателей вторая ступень служит суммирующим дифференциалом.

2.3. Фрикционная муфта предназначена для ограничения момента, передаваемого от электромеханизма, смягчения ударов при его пуске и для защиты электромеханизма от кратковременных не более 3 сек перегрузок, на выходном валу в процессе эксплуатации.

2.4. Ручной привод электромеханизма предназначен для вращения выходного вала электромеханизма при обесточенных двигателях во время монтажа и отладки системы на объекте.

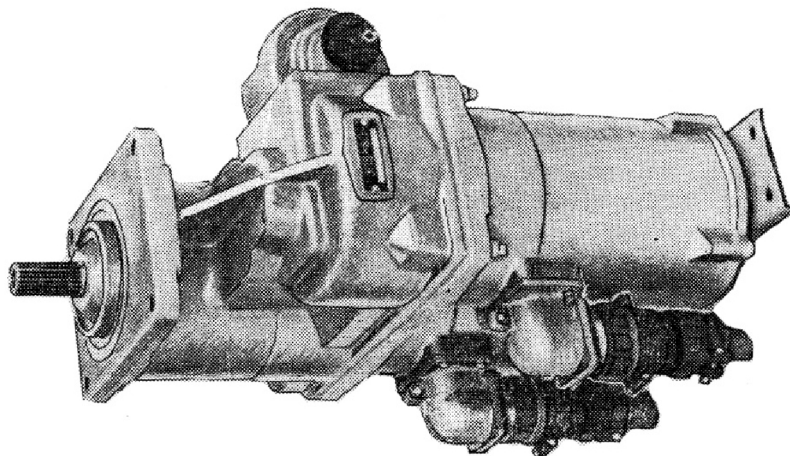


Рис. 67. Крышка ручного привода

2.5. Основные технические данные.

Таблица 4. Основные технические данные

Наименование	При работе одного (любого двигателя)	При работе двух двигателей
1. Напряжение питания трехфазного переменного тока	200±10 В	
2. Частота переменного тока	400 Гц±2%	
3 Номинальные данные: 3. 1. Нагрузочный момент:		

Продолжение табл. 4

— ротиводействующий	29,4 Н·м (3,0 кгс·м)	
— помогающий	9,8 Н·м (1,0 кгс·м)	
3.2. Частота вращения:		
— при противодействующем моменте, не менее	240 об/мин	480 об/мин
— при помогающем моменте, не более	285 об/мин	570 об/мин
— потребляемый ток фазы при номинальном напряжении и номинальной частоте, не более	5,3 А	10,6 А
— коэффициент мощности при номинальном напряжении, номинальной частоте и противодействующем моменте 29,4 Н·м (3,0 кгс·м), не менее	0,58	
4. Максимальные данные:		
4.1. Противодействующий момент	44,2 Н·м (4,5 кгс·м)	
4.2. Потребляемый ток фазы при номинальном напряжении и номинальной частоте, не более	6,6 А	13,2 А
<p>ПРИМЕЧАНИЕ: В эксплуатации допускается работа электро механизма с перегрузочным моментом, ограниченным пробуксовкой фрикционной муфты в продолжение не более 3 с, после чего охлаждение не менее 1 ч. Время нарастания момента от максимального рабочего до буксовки не более 5 с.</p>		
5. Начальный момент пробуксовки фрикционной муфты	58,8...93,2 Н·м. (6,0...9,5 кгс·м)	

ПРИМЕЧАНИЕ: В процессе срока службы допускается увеличение начального момента пробуксовки фрикционной муфты (момент срыва) до 107,8 Н·м (11 кгс·м).	
6. Напряжение питания электромагнитной муфты сцепления-торможения	27 + 2,7 В
7. Напряжение включения электромагнитной муфты, не более	18 В
8. Напряжение отключения электромагнитной муфты, не менее	2 В
9. Момент на валике ручного привода, не более	9,8 Н·м (1 кгс·м)
10. Момент инерции ведомых элементов, приведенных к валу механизма, не более	$19,6 \cdot 10^{-4}$ кг·м ²

11. Режим работы электромеханизма — повторно-кратковременный. I режим состоит из 5 циклов, после чего перерыв не менее 1 ч. В цикл входит:

Предполетная подготовка. Выпуск предкрылков, перерыв не менее 10 с. Уборка предкрылков, перерыв не менее 1 мин. Рулежка - взлет.

Выпуск предкрылков, перерыв не менее 2 мин, уборка предкрылков, перерыв не менее 30 мин. Заход на посадку и рулежка.

Выпуск предкрылков, перерыв 5 мин, уборка предкрылков, перерыв не менее 30 мин.

II режим (регламентные работы и отладка системы управления предкрылками) состоит из 5 циклов, после чего перерыв не менее 1 ч. Под циклом во II режиме понимается: выпуск предкрылков, перерыв не менее 1 мин, уборка предкрылков, перерыв не менее 1 мин.

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Время выпуска предкрылков не более 15 с, время уборки не более 15 с.

2. При работе с одним электродвигателем продолжительность работы и перерыв удваиваются а количество циклов сокращается до 2.

12. Масса электромеханизма не более 20 кг.

Рабочие характеристики приведены на рис. 69

2.6. Электромеханизм устойчив к воздействию влажного и сухого тропического климата (в составе объекта) без непосредственного воздействия солнечной радиации, морского тумана, пыли и дождя.

2.7. Электромеханизм работает при следующих климатических и механических воздействиях:

–при относительной влажности окружающей среды до 100% при температуре до плюс 40°C;

–при изменении температуры окружающей среды от минус 60 до плюс 60°C;

–после циклического воздействия температуры от минус 60 до плюс 80°C;

–воздействия инея и росы;

–высоты над уровнем моря до 5000 м и после пребывания в нерабочем состоянии до 15000 м;

–вибрационных нагрузок частотой от 5 до 200 Гц с амплитудами, соответствующими ускорению до 5 g;

–ударных нагрузок с ускорением до 6 g;

–линейных ускорений до 10 g.

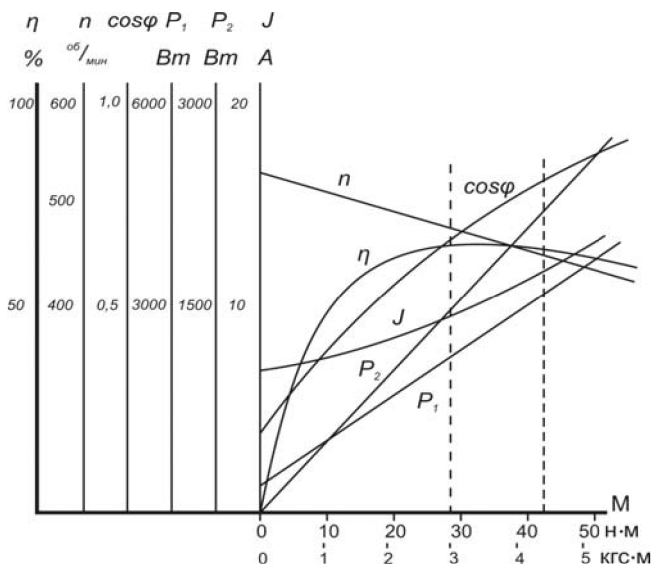


Рис. 68. Рабочие характеристики электромеханизма

3. Работа

3.1. Электромеханизм ЭПВ-8П реверсивного действия.

Реверсирование осуществляется переключением фаз обмоток электродвигателей. При подаче питания начинают вращаться роторы электродвигателей. С задержкой времени 0,35–0,75 с срабатывают электромагнитные муфты сцепления-торможения и вращение передается солнечным колесам первых ступеней.

3.2. Работа схемы (рис. 69).

Электромеханизм подготавливается к работе включением автоматов защиты 1-В1 (2-В1), 1-В4 (2-В4), 1-В5 (2-В5). Включение электромеханизма и. выключение осуществляется переключателем 1-В3 (2-В3). При установке выключателя 1-В3 (2-В3):

- в положение «Выпуск» срабатывают контакторы 1-Р1 (2-Р1) и 1-Р5 (2-Р5);

- в положение «Уборка» — контакторы 1-Р2 (2-Р2) и 1-Р5 (2-Р5).

Электродвигатели механизма при подаче трехфазного питания включаются. Через +0,5 срабатывают реле 1-Р3 (2-Р3) и подключают электромеханизм к нагрузке (срабатывает муфта сцепления-торможения).

Задержка на включение муфты обеспечивается коробкой защиты двигателя КЗД-2-10А-0,5 (или КЗД-3) - У1 (У2). Коробки контролируют наличие трехфазного питания (с помощью токовых трансформаторов, первичные обмотки которых включены в каждую фазу).

Если в одной из фаз пропадает питание, КЗД отключает электромеханизм, т. к. снимается питание с контакторов 1-Р5 (2-Р5) и реле 1-Р3 (2-Р3). Отключение электромеханизма происходит в крайних положениях микровыключателями механизма концевых выключателей или установкой переключателя 1-В3 (2-В3) в нейтральное положение.

Питание двигателей электромеханизма автономное. Неисправности в цепях одного двигателя не отражаются на работе второго.

1. Ток в цепях, кроме оговоренных особо, не более 2 А, напряжение 27 В.

2. Переключатели 1-В3, 2-В3 под общей механической планкой.

3. Разрешается установка коробки защиты КЗД-3 вместо коробки защиты КЗД2-10А-0.5.

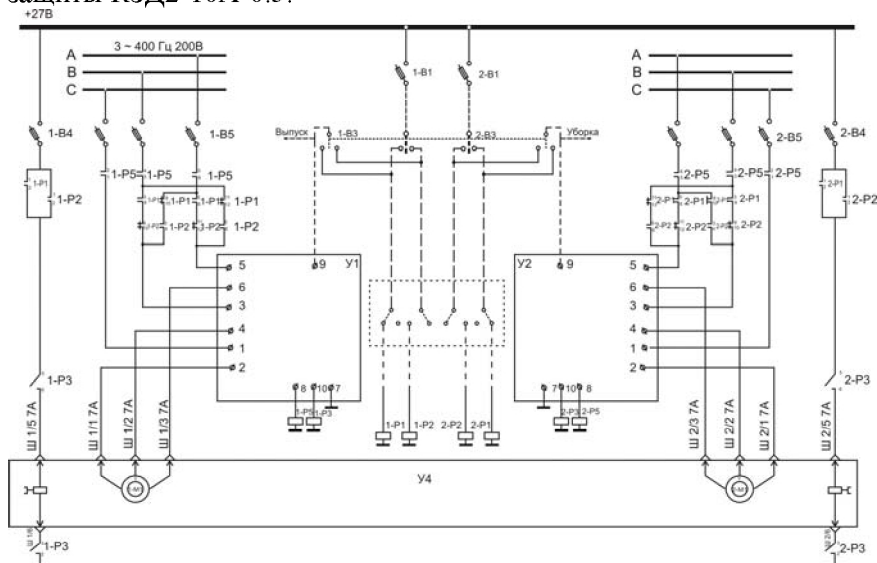


Рис. 69. Схема электрическая принципиальная управления электромеханизмом ЭПВ-8П

1.6. Светотехническое оборудование современных самолетов

Светотехническое оборудование самолетов Ту-204

Светотехническое оборудование самолета состоит из внешнего осветительного и светосигнального оборудования, осветительного оборудования кабины экипажа, аварийного освещения, световой информации в пассажирских салонах, а также осветительного оборудования пассажирских салонов и вспомогательных помещений.

Внешнее осветительное оборудование

Внешнее осветительное оборудование предназначено для освещения:

- ВПП и РД при взлете, посадке и рулении в ночных условиях;
- государственного знака (эмблемы авиакомпания) на киле;
- передних кромок крыла и воздухозаборников двигателей с целью визуального обнаружения обледенения ночью.

Состав внешнего осветительного оборудования (рис.70).

Две выдвижные фары взлетно-посадочные АВПФ-2, установленные между шп.10-11 нижней части фюзеляжа по левому и правому бортам. Два блока питания и защиты фар БПЗ-3 установлены в районе шп.9-10 по левому и правому бортам. Блоки предназначены для обеспечения питания ламп-фар, защиты их от перенапряжений и управления работой фар (автоматическая уборка фар при скорости свыше 415 км/ч, отключение света фар в убранном положении).

Две стационарные посадочные фары ФП-15, установленные на передней опоре шасси. Два блока питания и защиты фар установлены в нише шасси (шп.10). Блоки предназначены для обеспечения питания ламп-фор, защиты от перенапряжений и отключения света фар при убранном положении передней опоры.

Две рулежные фары АРФ-1, установленные на передней опоре шасси. Два блока питания БП-9 установлены в нише шасси (шп.10). Блоки предназначены для обеспечения питания лампы-фары переменным напряжением 27 В. Фары АРФ-1 имеют блокировку отключения света при убранном положении передней опоры шасси.

Две фары поворота с ВПП АРФ-1, установленные в зализе крыла с фюзеляжем, в районе шп.30-31. Там же установлены два блока питания БП-9. Свет фар направлен под углом 25° к оси самолета.

Две фары ФПК-250 для освещения передних кромок крыла и воздухозаборников двигателей, установленные между шп.20-21 фюзеляжа левого и правого бортов.

Две фары АФОЭ-2 освещения государственного знака (эмблемы авиакомпаний), установленные на верхних поверхностях стабилизатора слева и справа.

Управление внешним осветительным оборудованием (рис.71).

А. Управление взлетно-посадочными фарами АВПФ-2

При нажатии на клавишу переключателя «Выпуск-Уборка» на панели взлетно-посадочных операций (ВПО) напряжение 27 В подается на блоки БПЗ-3, с которых 27 В поступает на электродвигатели фар АВПФ-2. Фары выпускаются. При этом загорается сигнальное поле «Выпущены» переключателя «Выпуск-Уборка». При нажатии на клавишу переключателя «Свет фар. Фюзеляж» (при выпущенных фазах) напряжение 27 В поступает в блоки БПЗ-3 на включение питания ламп-фар. При этом загорается сигнальное поле «Вкл.» переключателя. Блок БПЗ-3,

запитывающийся напряжением 115 В переменного тока, подает на лампу-фару 27 В переменного тока. Если фазное напряжение в бортсети будет выше 119 В, блок БПЗ-3 защищает лампу-фару от перенапряжений.

При фазном напряжении свыше 134 В блок БПЗ-3 отключает лампу-фару на время повышенного напряжения.

Если скорость полета свыше 415 км/ч, система ВПКР выдает сигнал напряжением 27 В постоянного тока в БПЗ-3 на уборку фар. Фары убираются, и свет выключается.

ВНИМАНИЕ! *На земле включать свет фар разрешается на время не более 5 мин. При этом не должно быть людей перед самолетом во избежание поражения глаз прямым светом.*

Ручное отключение света фар осуществляется повторным нажатием клавиши переключателя «Свет фар. Фюзеляж». При этом гаснут фары и сигнальное поле «Вкл.» переключателя. Для уборки фар повторно нажмите клавишу переключателя «Выпуск-Уборка». Фары убираются, гаснет сигнальное поле «Выпущены» переключателя.

Б. Управление посадочными фарами ФП-15

При нажатии на клавишу переключателя «Свет фар. Шасси» на ВПО 27 В постоянного тока поступает в блок питания БПЗ-3 лампы-фары. Если передняя опора шасси выпущена, блок питания включит свет фар и загорится сигнальное поле «Вкл.» переключателя.

Выключается свет фар вручную повторным нажатием на клавишу переключателя «Свет фар. Шасси» или автоматически при уборке передней опоры шасси.

В. Управление рулежными фарами АРФ-1

При нажатии на клавишу переключателя «Фары руления. Прямо» при выпущенном положении передней опоры шасси 27 В поступает на контактор, который срабатывает и через свои контакты подает 115 В переменного тока на блок питания БП-9. С блока БП-9 напряжение 27 В переменного тока подается на рулежные нити фар АРФ-1. При этом загорается сигнальное поле «Вкл» переключателя «Фары руления. Прямо». Для выключения фар необходимо повторно нажать клавишу этого переключателя. Сигнальное поле «Вкл.» гаснет. Автоматически фары выключаются при уборке передней опоры шасси.

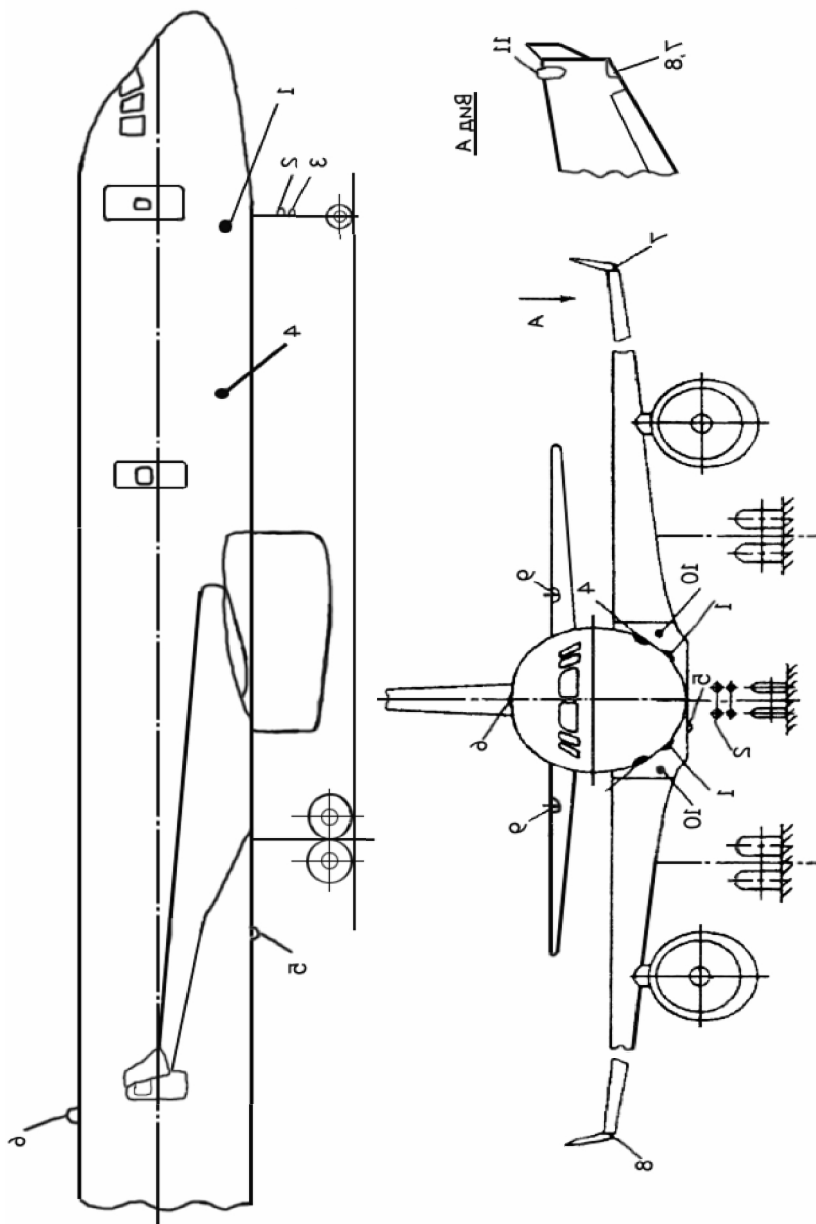
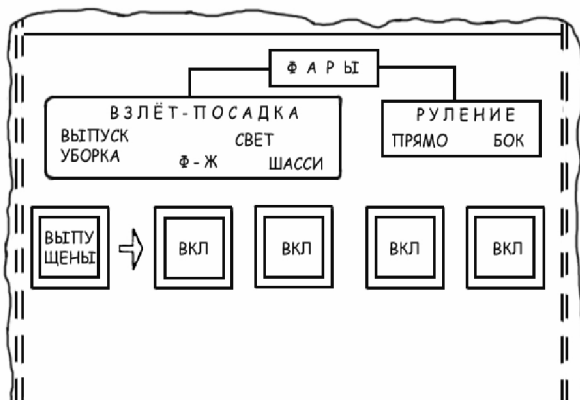


Рис. 70. Состав внешнего осветительного оборудования



Щиток освещения и сигнализации
031.13.14-213



Панель взлётно-посадочных операций
031.13.01-213

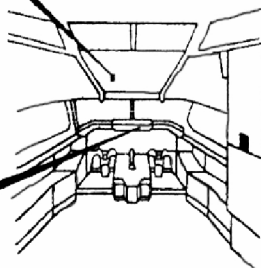
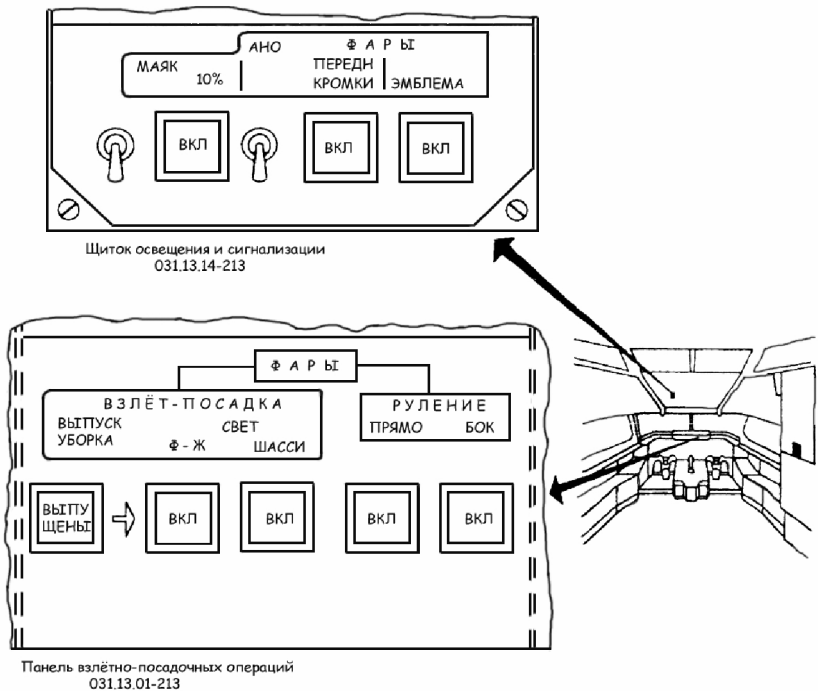


Рис. 71. Органы управления внешним светотехническим оборудованием



Продолжение рис. 71. Органы управления внешним светотехническим оборудованием (ВСО)

Г. Управление фарами АРФ-1 поворота с ВПП при нажатии на клавишу переключателя «Фары руления. Бок» 27 В поступает на контакторы, которые срабатывают и через свои контакты подают 115 В переменного тока на блоки питания БП-9. С них 27 В

переменного тока поступает на рулевые нити фар АРФ-1. При этом загорается сигнальное поле «Вкл» переключателя «Фары руления. Бок». Выключаются фары повторным нажатием клавиши этого переключателя. Сигнальное поле «Вкл» гаснет.

Д. Управление фарами АФОЭ-2.

При нажатии на клавишу переключателя «Эмблема» на щитке освещения и сигнализации (см. рис.71) 27 В поступает на реле, которое срабатывает и через свои контакты подает 115 В переменного тока на фары АФОЭ-21. При этом загорается сигнальное поле «Вкл» переключателя «Эмблема». Выключаются фары повторным нажатием клавиши этого переключателя. Сигнальное поле «Вкл» гаснет.

Е. Управление фарами ФПК-250. При нажатии переключателя «Передн. кромки» на щитке освещения и сигнализации (см. рис.71) 27 В постоянного тока подается через контакты контакторов на фары ФПК-250. При этом загорается сигнальное поле «Вкл.» переключателя. Выключаются фары повторным нажатием клавиши переключателя «Передн. кромки». Сигнальное поле «Вкл.» гаснет.

Внешнее светосигнальное оборудование состоит из двух световых маяков МСЛ-3М-2С, предназначенных для обозначения местоположения самолета в воздухе, и аэронавигационных огней БАНО-8М и АНО-3БЛ, предназначенных для передачи информации об относительном курсе самолета.

Световые проблесковые маяки МСЛ-3М-2С установлены на верхней и нижней полусферах (сверху фюзеляжа в районе шп.57-58, снизу – в районе шп. 47-48 зализа левой гондолы шасси).

Каждый маяк состоит из светильника маяка МСЛ-4 и блока защиты БЗ-4. Маяки имеют два режима работы: 100% основной и 10% для земли и для полета в облаках и дымке. Пониженный режим 10% включается на земле автоматически от обжатого положения шасси, а в полете – переключателем «Маяк. 10%. Режим 100% включается только в полете выключателем «Маяк».

Огни аэронавигационные установлены: бортовые огни БАНО-8М красный и зеленый соответственно на левой и правой законцовках крыла в передней части; хвостовые огни АНО-3БЛ белые в задней части левой и правой законцовок крыла (см. рис.70). Аэронавигационные огни имеют два режима работы: 100% и 10%. Режим 10% автоматически выключается на земле при обжатом

положении шасси. В наземных условиях огни от аэродромного источника питания работают как стояночные. Блок питания БП-9 установлен в среднем техотсеке в районе шп.27-28 на левом борту.

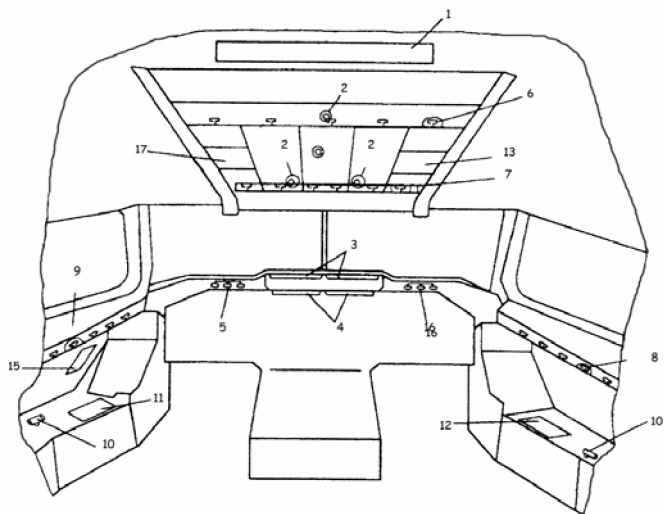
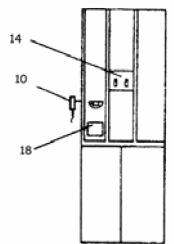


Рис. 72. Схема размещения светильников в кабине экипажа:

- 1 - плафон общего и аварийного освещения АСВПТ-1,
- 2 - светильник индивидуальный,
- 3 - светильник подсвета панели ВСУП,
- 4 - светильник подсвета панелей приборных,
- 5 - панель освещения левая 031.11.03-210,
- 6 - подсвет щитков включения систем,
- 7 - панель освещения 031.13.23-213,
- 8 - панель освещения 031.12.25-212,
- 9 - панель освещения 031.12.15-211,
- 10 - светильник СБ-1,
- 11 - щиток освещения 031.12.11-211,
- 12 - щиток освещения 031.12.21-212,
- 13 - щиток освещения 031.13.11-213,
- 14 - щиток контроля бытового оборудования,
- 15 - щиток освещения панели приборной 031.12.38-211,
- 16 - панель освещения правая 031.11.02-210,
- 17 - щиток освещения и сигнализации 031.13.14-213,
- 18 - щиток освещения ПТП 031.14.24-212



Панель наземной подготовки бортинженера

Внешнее осветительное оборудование

Органы управления маяками и бортовыми аэронавигационными огнями расположены на щитке освещения и сигнализации (см. рис.71).

Управление маяками МСЛ-3М-21С. При включении выключателя «Маяк» 27 В подается на контактор, который срабатывает и подключает напряжение питания 115 В переменного тока к блоку защиты БЗ-4, который включает маяк МСЛ-4 в работу (в режиме 100% в полете).

Для исключения засветки кабины экипажа отблесками маяка в ухудшенных метеоусловиях маяк может быть переключен на режим 10% нажатием на клавишу переключателя «10%». При этом загорается сигнальное поле «Вкл.» переключателя «10%».

При посадке маяк автоматически переключается на режим 10% по сигналу от концевого выключателя обжатого положения опор шасси.

В управление аэронавигационными огнями БАНО-8М и АНО-ЗБЛ. При включении выключателя «АНО» 27 В поступает на контактор, который подключает напряжение 27 В переменного тока с блока БП-9 на огни БАНО-8М и АНО-ЗБЛ (режим 100% в полете).

На земле по сигналу концевого выключателя обжатого положения опоры шасси огни автоматически переключаются на режим 10%.

Огни БАНО-8М и АНО ЗБЛ могут быть включены на земле как стояночные, для чего необходимо подключить к самолету аэродромный источник переменного тока, включить выключатель «Наземное питание» и включить выключатель «Стояночн. огни» на щитке освещения дежурном 024.587.11-712 на передней опоре шасси (см. рис.71).

Осветительное оборудование кабины экипажа

Предназначено для освещения белым светом приборов, приборных досок, пультов, панелей и состоит из встроенного, заливающего, общего и дежурного освещения. Для ручного регулирования яркости встроенного и местного заливающего освещения применена система внутрикабинного освещения СВКО-1, состоящая из регуляторов напряжения малогабаритных РНМ (6 шт.), РНМ-2 (2 шт.), блоков аварийного питания БВАП (2 шт.), регулятора напряжения постоянного тока РНТП, который состоит из блоков управления регулятором БУР (4 шт) и регуляторов-выключателей РВ (6 шт.).

Встроенное освещение кабины экипажа. Основным видом освещения кабины является встроенное освещение приборов и

надписей на пультах и щитках управления, выполненное на сверхминиатюрных лампах СМН6-80-2 двумя группами внутри каждого прибора и светопривода (рис.72).

Группы имеют независимое питание от бортсети 115 В 400 Гц через сдвоенные регуляторы напряжения малогабаритные РНМ-1 или РНМ-2 (понижающие трансформаторы). Некоторые приборы выполнены под одноканальное питание. При выходе из строя одного канала питания лампы другого канала обеспечивают достаточную яркость. При отказе обоих источников 115 В 400 Гц логическое устройство блока аварийного питания БВАП автоматически переключает один из каналов встроенного освещения тех приборов и щитков, которые функционируют при аварийном режиме питания, к своему статическому преобразователю 27/6 В от шин двойного питания сети постоянного тока (от аккумуляторов). Регуляторы напряжения РНМ-1 и РНМ-2 обеспечивают плавное изменение напряжения на лампах. СМН6-8-2 в пределах 0,2-6,0 В, для чего необходимо вручную поворачивать ручку регулятора.

В аварийном режиме статический преобразователь блока БВАП выдает напряжение в пределах 3,8-5,1 В без возможности регулирования. Регуляторы напряжения РНМ-1 и РНМ-2 (первые мощностью 35 Вт, вторые – 60 Вт) установлены на щитках освещения 031.12.11-211, 031.12.21-212, 031.13.11-213, 031.14.24-212, размещенных на бортовых пультах пилотов, на пульте пилотов верхнем, пульте наземной подготовки ПНП, регуляторы РНМ-1 и РНМ-2 снабжены надписями, определяющими место размещения приборов и светопроводов, встроенное освещение которых регулируется каждым регулятором.

Заливающее освещение кабины экипажа. В дополнение к основному (встроенному) освещению в кабине экипажа применено также местное заливающее освещение, которое может быть использовано как аварийное освещение при отказе источников переменного тока. Питание заливающего освещения осуществляется от двух независимых каналов сети постоянного тока.

Для включения и регулирования заливающего освещения применены блоки БУР и регуляторы-выключатели РВ, входящие в состав регулятора напряжения постоянного тока РНТП системы регулирования внутрикабинного освещения СВКО-1 и

обеспечивающие плавное регулирование на лампах от 24 до 6 В, а также полное выключение напряжения.

В состав заливающего освещения входят 27 светильников СТ с двумя лампами СМ28-0,05-1 в каждом, 2 светильника с лампами СМ127-18 (подсвет среднего пульта), 4 светильника с лампами СМН6-150 (по 6 шт. в двух светильниках и по 12 шт. в двух светильниках) на козырьке приборных досок.

Регуляторы-выключатели РВ установлены на щитках 031.12.11-211, 031.12.38-211, 031.12.21-212, 031.13.11-213, размещенных на пультах бортовых пилотов и на пульте пилотов верхнем. Регуляторы-выключатели РВ имеют трафареты «Пульт.Борт», «Панель приборная», «Пульт средний», «панель ВПО», «ВСУП».

Светильники СТ используются для освещения панели освещения 031.12.15-211 (над пультом бортовым правым), панели освещения 031.13.23-213 (на пульте пилотов верхнем).

Блоки управления регуляторами БУР размещены на полу под пультами бортовыми: БУР №1 (шп.4а-5, левый борт), БУР №2 (шп.4а-5, левый борт) под пультом бортовым левым 031.12.01-211; БУР№3 и 4 (шп.4а-5, правый борт) под пультом бортовым правым 031.12.02-212.

В состав заливающего нерегулируемого освещения входят пять светильников СТ подсвета щитков включения систем, установленных на верхнем пульте пилотов. Выключатель «Щитки вкл.систем» установлен на щитке освещения верхнем 031.13.11-213.

Общее, дежурное и индивидуальное освещение. Для общего, дежурного освещения и освещения панелей УЗ 27 В, УР 27 В и панели наземной подготовки на потолочной панели в районе шп.6 установлен плафон, в состав которого входят пять люминесцентных ламп ЛБ-8-4, две пускорегулирующие аппаратуры АПРС-8-2, одна АПРС-8 и восемь ламп накаливания СМ28-4,8-1. Лампы ЛБ-8-4 используются для общего освещения, а лампы накаливания – для дежурного освещения и освещения панели наземной подготовки. Выключатели «Общее» общего освещения кабины и «ПНТП» освещения панели наземной подготовки установлены на щитке контроля бытового оборудования на панели наземной подготовки.

На некоторых самолетах эти выключатели могут иметь трафареты соответственно «Плафон» и «Панель» (рис.73).

Две лампы дежурного освещения в плафоне питаются в аварийном режиме работы системы электроснабжения от аккумуляторов, а при обесточенной сети самолета, при включенных выключателях «Вход» и «Наземное питание», установленных на щитке освещения дежурном 024.58-11-712 (см. рис.71), получают питание через блок БП-3, от наземного источника при подключенном к ШРАП-400-3Ф.

Для работы с документацией у каждого члена экипажа на верхнем пульте установлены индивидуальные поворотные светильники с лампами СМ27-18.

Индивидуальные светильники командира ВС и второго пилота используются и как светильники заливающего освещения центрального пульта. При включении выключателей «Индивид» (см. рис.73) индивидуальные светильники автоматически отключаются от регулируемого заливающего освещения и работают на полную мощность.

На бортовых пультах пилотов и на боковой стенке панели наземной подготовки установлены светильники СБ-2, снабженные гибким шнуром и имеющие индивидуальную регулировку яркости. СБ-1 используются для подсвета при необходимости любого места в кабине экипажа. Для дополнительного подсвета стола на панели наземной подготовки установлена пята (над динамиком) для светильника СБ-1. При работе на столе необходимо вынуть СБ-1 из гнезда и установить его на дополнительную пяту. В светильниках СБ-1 используются лампы накаливания СМ28-4,8.

Осветительное оборудование грузовой кабины и служебных помещений

Осветительное оборудование грузовой кабины и служебных помещений предназначено для освещения грузовой кабины, буфета-кухни, туалета, вестибюля и технического отсека (шп.76-77).

Состав:

–62 плафона ПБС-1;

–1 плафон ПС-45;

–комбинированных светильника вестибюля с люминесцент-ными лампами и лампами накаливания (могут быть установлены плафоны ПБС-1);

-1 комбинированный светильник туалета с люминесцентной лампой и лампами накаливания (могут быть установлены плафоны с лампами накаливания);

-1 светильник люминесцентного освещения стола кухни (может быть установлен плафон с лампами накаливания).

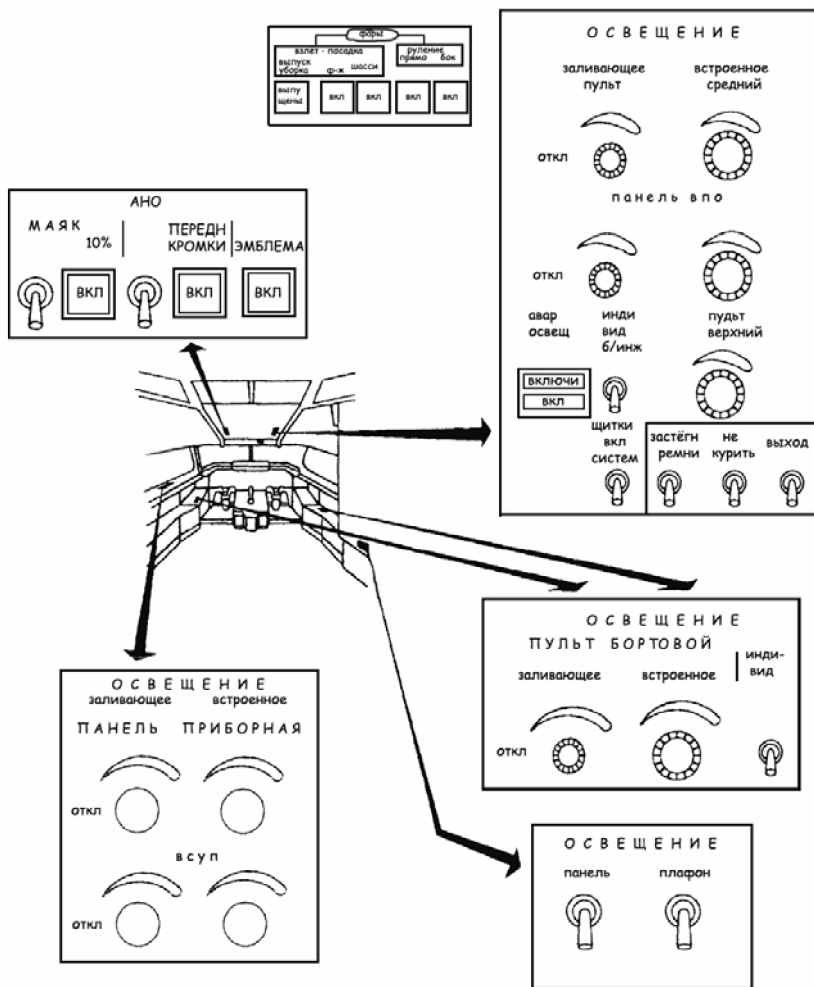


Рис. 73. Органы управления и контроля светотехнического оборудования

Общее освещение грузовой кабины. Общее освещение грузовой кабины осуществляется плафонами ПБС-1, установленными на потолочных панелях в виде двух «ниток» - по одной на каждом борту.

Для подсвета хвостовой части грузовой кабины используются два дополнительных плафона ПБС-1, установленных на потолочных панелях в районе шп.74-75.

Включения освещения грузовой кабины осуществляется выключателями «Груз. кабина передн» и «Груз. кабина задн» на щитке вестибюля 024.58.02-222. Включение дополнительных плафонов подсвета хвостовой части грузовой кабины осуществляется выключателем на перегородке в районе шп.76 на правом борту.

ВНИМАНИЕ! *Запрещается включение плафонов освещения грузовой кабины от аккумуляторов при проведении погрузочно-разгрузочных работ.*

Общее освещение вестибюля, туалета, буфета-кухни. Освещение вестибюля осуществляется тремя лампами ЛБУ-30, установленными на арматурах АУС-3 под плафонами из оргстекла. Аппарат пускорегулирующий АПРС-30 для каждой лампы размещен на откидывающемся лючке (могут быть установлены плафоны ПБС-1).

Освещение туалета осуществляется четырьмя лампами ЛБ-8-6, установленными на арматурах АУС-1 под плафонами из оргстекла. Аппараты пускорегулирующие ламп АПРС-8-2 расположены за средними створками шкафчика для туалетных принадлежностей. Вместо ЛБ-8-6 могут быть установлены плафоны с лампами накаливания.

Освещение рабочего стола буфета-кухни осуществляется двумя лампами ЛБ-8-6. Аппараты пускорегулирующие АПРС-8 этих ламп установлены за створкой над щитком буфета-кухни. Вместо ЛБ-8-6 может быть установлен плафон с лампами накаливания. Включение освещения вестибюля, туалета, рабочего стола буфета-кухни осуществляется выключателем «Вестибюль», «Туалет», «Рабочий стол», расположенными на щитке вестибюля 024.58.02-222.

Освещение технического отсека (шп.76-77) осуществляется плафоном ПС-45, установленным на перегородке шп.76. Включается

плафон выключателем «Доп.осв.т/отсек» на боковой стенке заднего гардероба.

Дежурное освещение. Дежурное освещение выполнено только для вестибюля и туалета. Дежурное освещение вестибюля осуществляется лампочками СМ28-5-1 (по две штуки в каждом плафоне вестибюля. Дежурное освещение туалета осуществляется двумя лампочками СМ28-4,8, размещенными в комбинированном светильнике туалета вместе с лампами общего освещения.

Включается дежурное освещение вестибюля и туалета выключателем «Дежурное» на щитке вестибюля 024.58-02-222.

Автоматы защиты сети и предохранители систем освещения грузовой кабины и бытовых помещений.

На УЗ 27 В 024.56.19-116 (третий техотсек) установлены:

- АЗК1М-2 «Передняя зона груз.кабины» (2 шт.);
- АЗК1М-10 «Передняя зона груз. кабины (4 шт.);
- АЗК1М-2 «Задняя зона груз.кабины» (2 шт);
- АЗК1М-2 «Задняя зона груз.кабины (4 шт.);
- АЗК1М-5 «Задняя часть груз.кабины».

На УЗ 27 В 024.56.33-221 (передняя кухня) установлены:

- АЗК1М-2 «Вестибюль»;
- ПМ-2 «Буфет»;
- ПМ-2 «Туалет».

На УЗ 200/115 В 024.56.16-113 (второй техотсек) установлены:

- АЗК1М-2 «Буфет»;
- АЗК1М-2 «Туалет»;

На УЗ 27 В 024.56.19-116 (третий техотсек) установлен:

- АЗК1М-10 «Табло выход. Дежурное освещение».
- На УЗ 27 В 024.56.33-221 (передняя кухня) установлен:
- АЗК1М-2 «Управл. дежур.питанием. Табло «Выход».

Осветительное оборудование отсеков

Осветительное оборудование отсеков предназначено для освещения технических отсеков, отсеков опор шасси, багажно-грузовых отсеков БГО-1 и БГО-2, а также для освещения приборов на панелях наддува, заправки гидросистем и пульта заправки топливом ПКУЗ-5-1 при проведении наземного обслуживания.

Состав, назначение, защита:

- 13 плафонов ПС-45 с лампами накаливания СМ328-20;
- 6 светильников П28-150 с галогенными лампами КГСМ27-150;
- 6 шт. осветительной арматуры ХС-62 с лампами СМ328-24;
- розеток 47 КВ для переносных ламп;
- 1 розетка 48 КВ для переносной фары Ф28-150;
- 5 трубчатых светильников СТ с лампами СМ28-0,05 (1 – для панели заправки гидросистем, 2 – для панели наддува гидросистем, 2 – для пульта заправки топливом).

Плафоны ПС-45, светильники П28-150, осветительная арматура ХС-62, светильники СТ предназначены для общего освещения отсеков и для местного освещения приборов.

Выключатели плафонов и розетки 47 КВ установлены на щитках освещения соответствующих отсеков, в нишах опор шасси, а также на щитке освещения, установленном на передней опоре шасси.

Кроме того, отдельно розетки 47 КВ установлены в буфете-кухне за створкой над электрощитком (шп.8, правый борт), в техотсеке №5 (шп.40, правый борт), в отсеке ВСУ (шп.86, левый борт).

Автоматы защиты сети освещения техотсеков №1 и 2, отсека передней опоры установлены на УЗ 27 В 024.56.07-113; освещения и розеток БГО-1 – на УЗ 27 В 024.56.08-113; освещения техотсеков №3,4,5, отсека правой опоры шасси, панелей наддува и заправки гидросистем, панели заправки топливом ПКУЗ-5-1 и отсека БГО-2 – на УЗ 27 В 024.56.20-116; освещения отсека левой опоры шасси и питания розеток 47 КВ – на УЗ 27 В 024.56.19-116; освещения техотсеков №7,8 и питания розеток отсека ВСУ – на УЗ 27 В 024.56.27-910; питания розеток 47 КВ буфета-кухни – на УЗ 27 В 024.56.08-113; освещения грузовой двери – на УЗ 27 В 024.56.19-116.

Осветительное оборудование грузовой двери

Осветительное оборудование грузовой двери предназначено для освещения места погрузки и выгрузки грузов.

Состав:

- два светильника П-28-150 с лампами КГСМ 27-150, установленные между диафрагмами №5,6 и 11,12 в нижней части грузовой двери в районе балки №5;

–выключатель «освещение» на электрощитке управления грузовой дверью;

–автомат защиты АЗК1М-10 на УЗ 27 В 024.56.19-116.

ПРИМЕЧАНИЕ: *Плафоны П-28-150 можно включить только при полностью открытой грузовой двери. При закрытии двери срабатывает концевой выключатель и разрывает цепь включения плафонов.*

Аварийное светотехническое оборудование

Аварийное светотехническое оборудование предназначено для освещения кабины экипажа, грузовой кабины, вестибюля, туалета, обозначения выходов из самолета и путей эвакуации в ночных условиях при обесточенной основной системы электроснабжения.

Состав:

–2 табло ТВ-1 «Выход» над дверями (левый и правый борт, шп.9);

–28 светильников на потолочных панелях по левому и правому бортам грузовой кабины;

–2 лампы накаливания СМ 28-4,8-1 в светильнике туалета;

–7 светильников наружного освещения САО-1А;

–2 фонаря концевого подсвета спасательных канатов (фалов);

–2 лампы накаливания СМ 28-4,8-1 в плафоне освещения кабины экипажа.

ПРИМЕЧАНИЯ: *1. Табло «Выход», светильники и лампы в плафонах грузовой кабины, вестибюля, туалета, используемые в аварийном режиме, используются также в режимах общего, дежурного освещения и световой информации.*

2. В качестве источников питания аварийного светотехнического оборудования используются аккумуляторные батареи самолета.

Органы управления и защиты.

Аварийное светотехническое оборудование включается как вручную, так и автоматически. Кнопочный переключатель «Авар. освещение» ручного включения расположен на щитке освещения 031.13.11-213 на верхнем пульте пилотов (шп3-5а).

Выключатель «Освещение аварийное» расположен на щитке вестибюля 024.58.02-222.

Концевой выключатель (КВ) автоматического включения аварийного освещения при убранной левой опоре шасси установлен в нише левого шасси (шп.40-46).

Концевой выключатель автоматического включения наружного аварийного освещения и табло «Выход» установлен там же.

Концевой выключатель автоматического включения аварийного освещения при убранной правой опоре шасси установлен в нише правого шасси (шп. 40-46).

Светосигнальное оборудование служебных и вспомогательных помещений

Светосигнальное оборудование служебных и вспомогательных помещений предназначено для информации о расположении выходов из самолета, о занятости туалета и о необходимости пользоваться кислородом.

Состав и органы управления:

Табло *ТВ-1 «Выход»* расположены над основной и служебной дверями. Включаются во время посадки и высадки людей, погрузки и выгрузки грузов, а также используются в качестве аварийного освещения и световой маркировки выходов. Выключатель «Выход» расположен на щитке освещения на верхнем пульте пилотов.

Табло «Занято» установлено над дверью туалета, включается от концевых выключателей защелок дверей туалета.

Табло «Пользов.кислородом» *ТС-5М-1* расположено на щитке вестибюля. Включается автоматически по сигналу «Разгерметизация» от системы САРД.

Автоматы защиты сети размещены:

- на УЗ 27 В 024.56.19-116, 024.56.04-213 – для табло «Выход»;
- на УЗ 27 В 024.56.08-113 для табло «Пользов. кислородом»;
- на УЗ 27 В 024.56.07-113 для табло «Занято».

Светотехническое оборудование самолета В-757

Светотехническое оборудование современных самолетов относится к первой категории и классифицируется на внешнее, внутреннее, служебное и аварийное освещение.

Внешнее освещение в соответствии с требованиями ИСАО включает (рис. 74):

Лампы подсветки крыла размещены на каждой стороне фюзеляжа, для того, чтобы освещать переднюю кромку крыла и гондолу двигателя. Посадочные огни установлены: две в концевой части крыла и две на носовом шасси. Огни корневой части крыла светят горизонтально, а огни носового шасси направлены вниз на типичный угол глиссады.

Огни схода с взлетно-посадочной полосы установлены на носовом шасси и освещают область с обеих сторон самолета. Дополнительные рулевые фары могут быть установлены на стационарной или движущейся части носового шасси.

Огни противостолкновения (проблесковые огни предупреждения столкновения) устанавливаются на верхней и нижней части фюзеляжа и на каждом конце крыла. Фюзеляжные огни закрыты красной линзой, а осветители крыла – прозрачной линзой.

Габаритные огни включают два габаритных огня, устанавливаются на конце каждого крыла и обращены назад и вперед. Направленные назад огни покрыты прозрачной линзой, а обращенные вперед имеют красные линзы на левом крыле и зеленые – на правом.

Подсветка знака авиакомпании включает четыре лампы, установленные в горизонтальном стабилизаторе для освещения вертикального стабилизатора и руля направления.

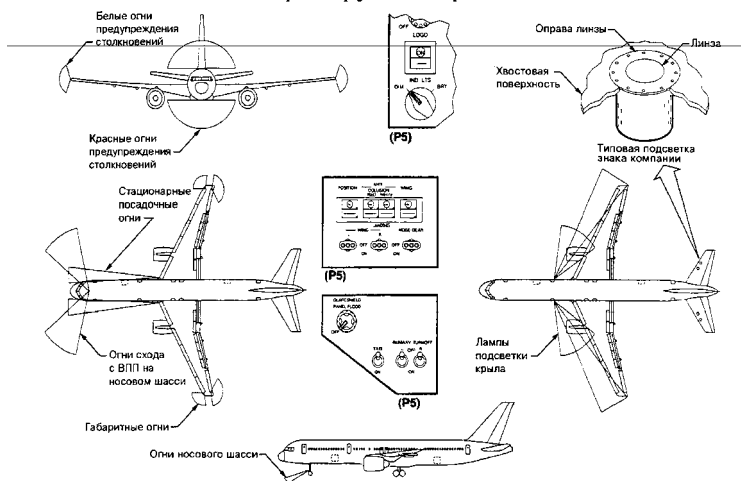


Рис. 74. Внешнее освещение самолета

Служебное освещение (рис.75). Служебное освещение и органы управления располагаются в отсеках основных и носовой опор шасси; в носовом и хвостовом грузовых отсеках, включая дверное и потолочное освещение, управляемое от выключателей, расположенных вблизи каждой двери; в отсеке кондиционирования воздуха; в отсеке вспомогательно-силовой установки (APU); в отсеке хвостового обтекателя; в отсеке центра основного оборудования; на станции заправки топливом.

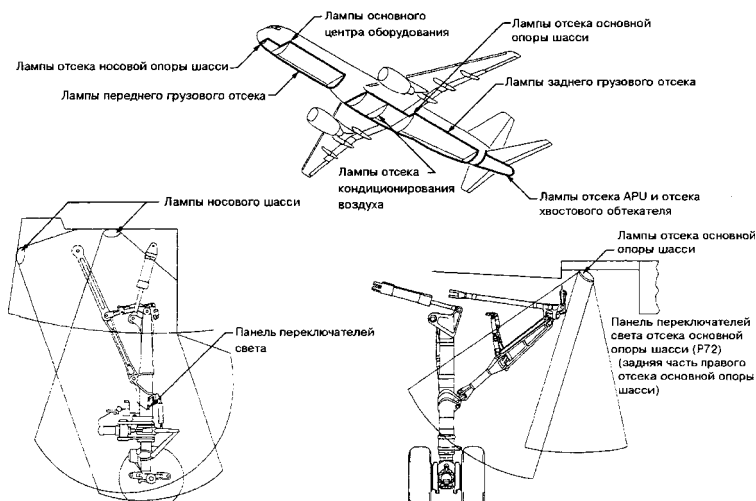


Рис. 75. Служебное освещение

Освещение кабины экипажа (рис.76).

Общее освещение кабины экипажа обеспечивается плафонными осветителями, установленными на потолке. Плафонные осветители управляются поворотным переключателем яркости на верхней панели (P5). Освещение конкретных зон обеспечивается и регулируется на каждом рабочем месте экипажа с помощью вспомогательных и переносных осветителей карт и схем. Освещение панелей управления обеспечивается панельным световым табло и источниками заливающего света, яркость которых регулируется поворотными переключателями. Световые индикаторы взаимодействуют с элементами для их контроля и регулировки

яркости. Переключатель блокировки освещения переводит источники плафонного и заливающего освещения в режим яркого свечения. Выключатели, реле и платы управления яркостью освещения кабины экипажа расположены в панели управления освещения P26.

Основное освещение обеспечивается прямым и рассеянным флуоресцентным светом с потолка и стен, и светом ламп накаливания вблизи туалетов и кухонь. Лампы накаливания малой мощности используются для ночного освещения. Освещение входа обеспечивается пороговыми лампами накаливания на каждом входе и служебной двери и флуоресцентным освещением передней левой двери. Основное освещение управляется с переднего левого пульта бортпроводников.

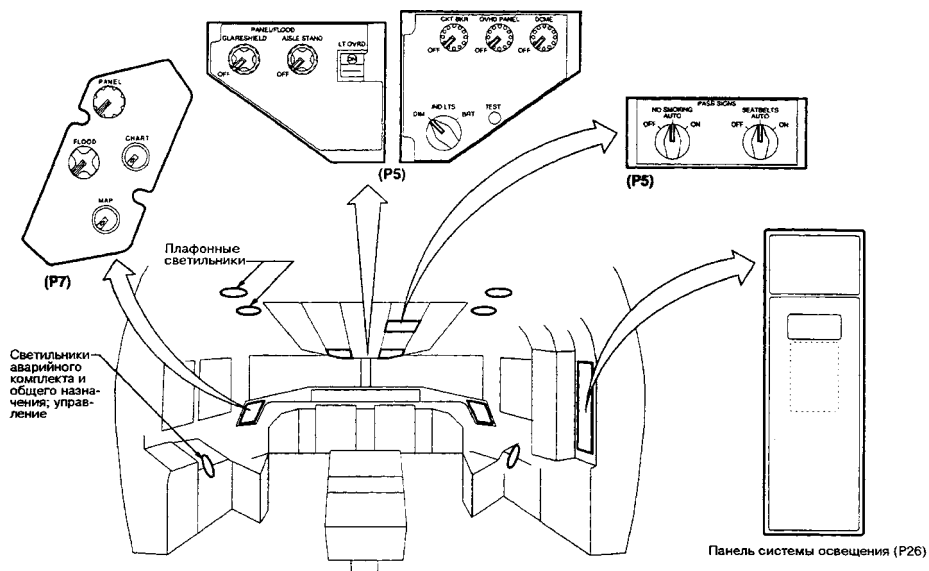


Рис. 76. Освещение кабины экипажа

Освещение пассажирского салона (рис.77).

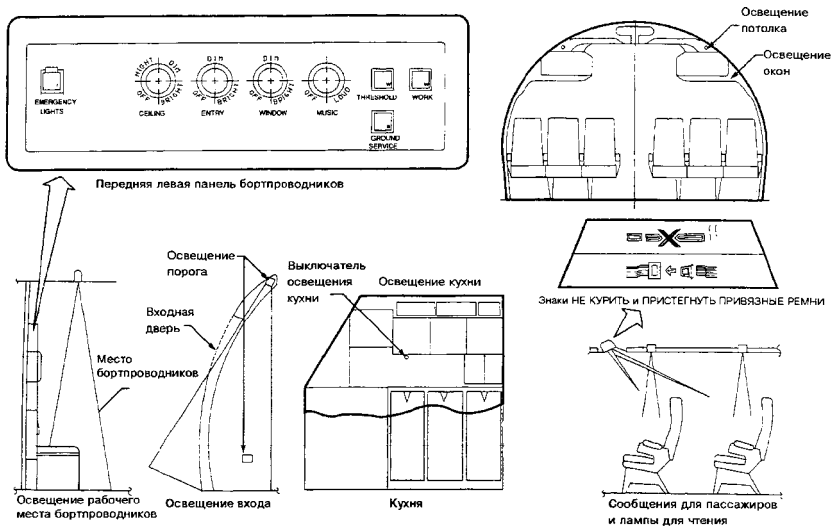


Рис. 77. Освещение пассажирского салона

Освещение перед дверью кабины экипажа приглушается, когда дверь открывается, чтобы избежать ослепления. Лампы порога размещены на дверях 1, 2 и 4. Индивидуальные лампы для чтения, размещенные на специальном модуле пассажирского салона предназначены каждому пассажиру. Освещение отдельных зон обеспечивается рабочими лампами накаливания на каждом рабочем месте бортпроводников и флуоресцентными лампами кухонь. Освещение туалета обеспечивается лампами накаливания, прикрытыми плафонами, которые включаются тогда, когда включается электропитание на самолете и флуоресцентными лампами зеркал, которые включаются тогда, когда дверь туалета запирается. Кнопка вызова имеется в каждом туалете; она позволяет сделать вызов бортпроводника.

Специальные табло салона: NO SMOKING, FASTEN SEAT BELT и RETURN TO SEAT, просматриваемые с каждого места, а также установленные в туалете, управляются с верхней панели пилота. Табло NO SMOKING включается автоматически при выпуске шасси, а надписи FASTEN SEAT BELT и RETURN TO SEAT – при выпуске закрылков.

Сигнализатор давления вызывает автоматическое включение: NO SMOKING и FASTEN SEAT BELT при высоте 10 тысяч футов.

Аварийное освещение (рис. 78) Аварийные осветители обеспечивают освещение пассажирского салона и пути эвакуации, используя блоки аккумуляторных батарей, установленные на потолке кабины в качестве источника питания. Свет может включаться вручную или устанавливаться в автоматический режим включения в случае отказа нормальной системы электропитания освещения самолета.

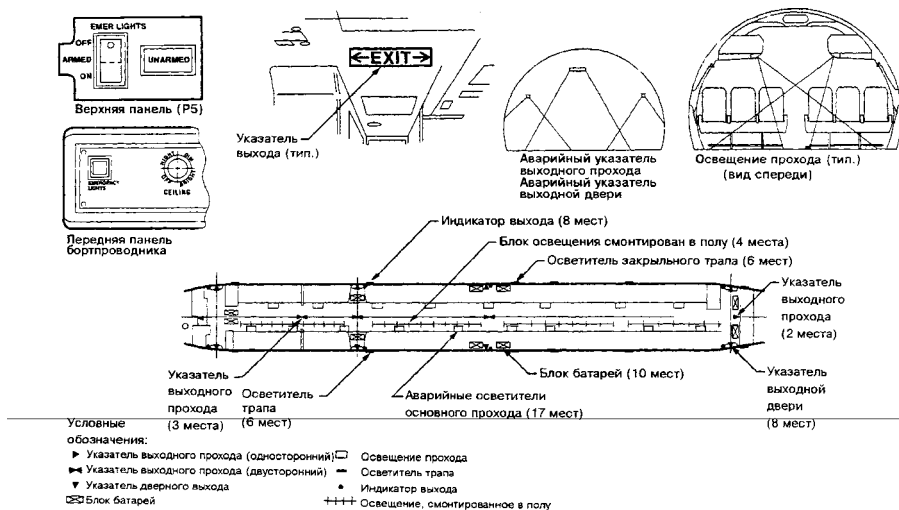


Рис. 78. Аварийное освещение

Система освещения состоит из блоков указателей (табло) EXIT над каждой дверью, в выходных указателях вблизи пола, у каждого выхода и над главным проходом между дверями, осветителей на потолке и полу в пересекающихся проходах между дверями из осветителей главного прохода, равномерно расположенных вдоль главного прохода, из осветителей, смонтированных в пол с интервалом в 50 см на левой стороне прохода и осветителей трапа, установленных снаружи позади каждой двери и предназначенных для освещения спасательного трапа.

Переключатели, расположенные на панели бортпроводника или панели пилота, осуществляют управление всем аварийным освещением. При открывании двери со спасательным трапом, подготовленным к разворачиванию, включаются внешние осветители спасательного трапа.

1.7 Перспективы развития системы электроснабжения ВС гражданской авиации

Система электроснабжения АН-140

Назначение.

Система электроснабжения (СЭС) обеспечивает:

- двухканальное электропитание бортового оборудования при работе всех основных источников электроэнергии;
- нормальное питание всех потребителей при отказе одного генератора, преобразователя и выпрямительного устройства;
- резервное электропитание части потребителей I категории (необходимых для завершения полёта) от аккумуляторных батарей – в течение ограниченного периода времени с учётом двукратной попытки запуска ВСУ (запуск- холодная прокрутка – запуск)
- автономный запуск двигателей;
- флюгирование лопастей воздушного винта;
- наземное электропитание всего бортового оборудования при неработающих двигателях от аэродромного источника электроэнергии 115/200 В или части бортового оборудования – от генератора ВСУ или от аэродромного источника 27 В

Для выполнения этих задач самолёт оборудован следующими централизованными системами электроснабжения:

- переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В переменной частоты
- постоянного тока напряжением 27 В;
- переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В постоянной частоты

Состав и размещение системы электроснабжения

Размещение оборудования СЭС показано на рис 79.

В состав системы электроснабжения входят:

- а) источники и преобразователи электроэнергии:
 - два генератора 30030-140;

- генератор ГТ16П48ЕД;
- три выпрямительных устройства F11RB4140;
- три преобразователя ПТС-2500;
- две аккумуляторные батареи 20FP25НІСТ-R;
- б) блоки управления, регулирования, защиты и измерения:
 - два блока регулирования, защиты и управления 2438-140;
 - блок регулирования, защиты и управления БРЗУ 115 ВО-2с;
 - два блока датчиков тока 20736-140;
 - блок чередования фаз БЧФ-208;
 - два блока датчиков тока БТД16К;
 - четыре трансформатора ТТА1-115-400;
 - два аппарата переключения шин АПШ-3М;
 - аппарат переключения преобразователей АПП-1М-5
 - три аппарата защиты и управления АЗУВУ200Б;
 - устройство индикации УИ-2 (постоянного тока) и устройство индикации УИ-2-1 (напряжения постоянного тока) с преобразователями ИП-АВЭ-1;
 - устройство индикации УИ-2-3 (напряжения переменного тока) с преобразователем ИП-АВЧ-1;
- в) распределительные устройства и щитки управления:
 - левое ЦРУ 115/200 В;
 - правое ЦРУ 115/200 В;
 - РУ 115/200 В ВСУ;
 - РУ 115/200 В обтекателя;
 - левое РУ 115/200 В;
 - правое РУ 115/200 В;
 - РУ 27 В обтекателя;
 - левое ЦРУ 27 В;
 - правое ЦРУ 27 В;
 - левое РУ 27 В;
 - РУ 27 В аэродромного источника;
 - щиток электроснабжения "115 В"

– щиток электроснабжения "27 В"

– щиток "КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ";

г) защитная, коммутирующая и светосигнальная аппаратура – автоматы защиты, предохранители, выключатели, переключатели, реле, контакторы, светосигнальные табло.

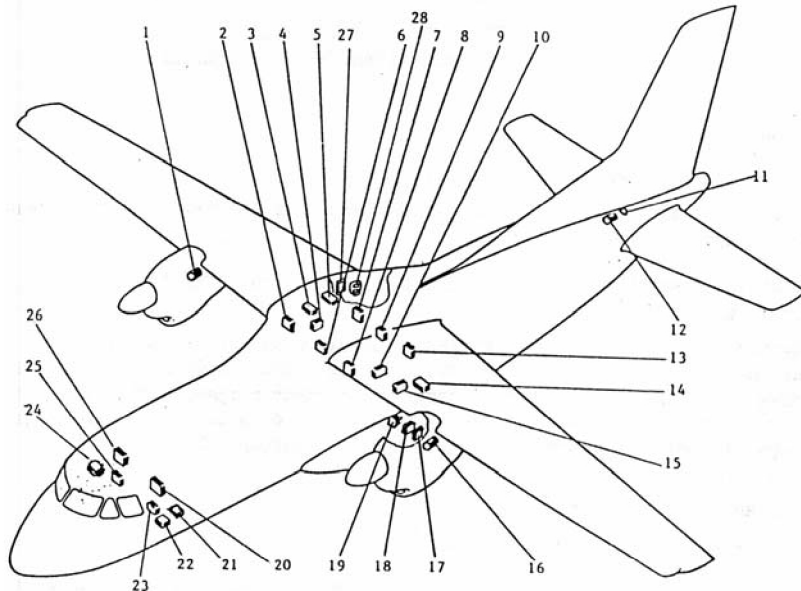


Рис. 79. Размещение оборудования СЭС на самолете:

1 - генератор 30030-140; 2 - РУ 115/200 В обтекателя; 4 - блок 2438-140; 5 - выпрямительное устройство; 6 - правое ЦРУ 115/200 В; 7 - правое ЦРУ 27 В; 8 - левое ЦРУ 115/200 В; 9 - РУ 115/200 В ВСУ; 10 - блок 2438-140; 11 - блок БДТ16К; 12 - генератор ГТ16ПЧ8Е; 13 - левое ЦРУ 27 В; 14 - выпрямительное устройство F11RB4140; 15 - блок БРЗУ 115 ВО 2с.; 16 - генератор 30030-140; 18 - аккумуляторная батарея; 19 - РУ 27 В обтекателя; 20 - ШРАП 340с и ШРАП 280с; 21 - преобразователь ПТС-2500; 22 - преобразователь ПТС-2500; 23 - левое РУ 115/200 В; 24 - преобразователь ПТС-2500; 25 - правое РУ 115/200 В; 26 - правое РУ 27 В; 27 - РУ 27 В аэродромного источника

Структурная схема системы электроснабжения

Описание и работа

На структурной схеме электроснабжения (рис. 79) в упрощённом виде показаны источники электроэнергии и силовая

распределительная сеть с частью коммутирующей и защитной аппаратуры. Приведенным на схеме обозначениям соответствуют:

–АКК1, АКК2 – аккумуляторные батареи 20FP25НІСТ-R;

–Г1, Г2 – генераторы 30030-140 переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В частотой (340...515) Гц с приводом от двигателя ТВЗ-117ВМА-СБМ1

–Г_{ВСУ} – генератор ГТ16ПЧ8ЕД переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В частотой 400 Гц с приводом от двигателя вспомогательной силовой установки АИ-9;

–ВУ1, ВУ2, ВУ3 – выпрямительные устройства F11RB4140, преобразующие электроэнергию переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В частотой (340...515) Гц в электроэнергию постоянного тока напряжением 27 В.

–АЗУ1, АЗУ2, АЗУ3 – аппараты АЗУВУ200Б, предназначены для подключения к бортсети и отключение от неё выпрямительных устройств, защиты этих устройств и сети от коротких замыканий, а также для выдачи сигнала о включении выпрямительных устройств в сеть;

–ПТ1, ПТ2, ПТ3 трёхфазные статистические преобразователи ПТС-2500, преобразующие электроэнергию постоянного тока в переменный трёхфазный ток напряжением 115/200 В частотой 400 Гц;

–РУ – распределительные устройства;

–ЦРУ – центральные распределительные устройства;

–ШРАП 115/200 В – разъем аэродромного питания ШРАП-340с

–ШРАП 27 В – разъем аэродромного питания ШРАП-280с.

Система электроснабжения переменным трёхфазным током напряжением 115/200 В переменной частоты, включающая в себя генераторы Г1, Г2, которые установлены по одному на каждом двигателе силовой установки (частота генераторов (340...515) Гц) с аппаратурой регулирования, защиты, управления и коммутации, а также Г_{ВСУ}, номинальная частота которого 400 Гц, установленный на двигателе ВСУ и работающей с аналогичной аппаратурой, - является первичной, так как её генераторы преобразуют механическую работу двигателей непосредственно в электрическую. При этом генераторы Г1 и Г2 являются основными источниками, а Г_{ВСУ} – резервным. В системе предусмотрено также питание потребителей

от аэродромного источника переменного тока напряжением 115/200 В (номинальная частота 400 Гц)

Система электроснабжения постоянным током напряжением 27 В, включает в себя выпрямительные устройства ВУ1, ВУ2, ВУ3, коммутирующую и защитную аппаратуру, является вторичной, преобразуя электроэнергию переменного тока напряжением 115/200 В переменной частоты в электроэнергию постоянного тока напряжением 27 В. Аккумуляторные батареи АКК1, АКК2 входящие в эту систему являются аварийными источниками.

Система электроснабжения переменным током напряжением 115/200 В постоянной частоты 400 Гц, включающая в себя преобразователи ПТ1, ПТ2, ПТ3, защитную и коммутирующую аппаратуру, является вторичной, так как преобразователи ПТ1, ПТ2, ПТ3 преобразуют электроэнергию постоянного напряжения 27 В в электроэнергию переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В частотой 400 Гц.

Преобразователи ПТ1 и ПТ2 являются основными, ПТ3 – резервным (при отказе ПТ1 или ПТ2) или аварийным (при переходе на аварийное питание) источником.

Для передачи электроэнергии от источников к потребителям предусмотрены распределительные (РУ) и центральные распределительные (ЦРУ) устройства, включающие в себя силовые шины, элементы защиты и коммутации.

Системы электроснабжения автоматизированы, что в большинстве случаев не требует применения ручных операций для переключения источников при возникновении неисправностей.

В системах электроснабжения предусмотрены различные виды защиты, автоматически отключающие отказавший источник или неисправный участок распределительной сети. Для повышения надёжности системы электроснабжение построены по принципу двух бортов, т.е. источники размещены по разным бортам самолёта.

Система электроснабжения напряжением 115/200 В переменной частоты

Система состоит из двух независимых каналов – левого и правого бортов. В каждый канал входят генератор 30030-140 мощностью 40 кВ·А, установленном на двигателе

ТВЗ-117ВМА-СБМ1, а также аппаратура регулирования, защиты, управления и коммутации.

В системе предусмотрено также электропитание части потребителей от генератора ГТ16ПЧ8ЕД мощностью 16 кВ·А установленного на двигателе ВСУ, или всего бортового оборудования от аэродромного источника переменного тока.

Частота генераторов Г1, Г2 определяется режимом работы двигателей ТВЗ-117ВМА-СБМ1:

- минимальная (340 Гц) – режим малого газа на земле,
- максимальная (515 Гц) – взлётный режим.

На всех режимах работы двигателей в полёте частота генераторов не выходит за пределы (420...470) Гц. К шинам основных генераторов подключены потребители не критичные к частоте (ПОС винтов, коков, оперенья, выпрямительные устройства, вызов бортпроводника, освещение туалета и др.).

В системе автоматически обеспечивается:

–подсоединение шин Г1, Г1-1 к работающему генератору Г1 через замыкающие контакты контактора (201-К1) и замкнутые контакты контактора (201-К4) и подсоединение шин Г2, Г2-1 и Г2-2 к работающему генератору Г2 через замыкающие контакты контактора (201-К8), замыкающие контакты контактора (201-К9) и замкнутые контакты контактора (201-К5)

–подсоединение шин Г1 отключенного генератора Г1 к шинам Г2 работающего генератора Г2 через замкнутые контакты контакторов (201-К1) и (201-К3); шины Г1-1 при этом, через замкнутые контакты контакторов (201-К4) соединены с шинами Г1, а шины Г2-2 размыкающими контактами контактора (201-К9) отсоединены от шин Г2;

–подсоединение шин Г2 отключенного генератора Г2 к шинам работающего генератора Г1 через замыкающие контакты контакторов (201-К8) и (201-К6); шины Г2-1 при этом, через замкнутые контакты контактора (201-К5) соединены с шинами Г2, а шины Г2-2 размыкающими контактами контактора (201-К9) от шин Г2 отсоединены;

–подсоединение шин Г1-1 и Г2-1 к работающему генератору ВСУ через замкнутые контакты контакторов (201-К4) и (201-К5) независимо от того, включены или отключены основные генераторы

или аэродромный источник питания 115/200 В. Подключение к генератору ВСУ выпрямительного устройства ВУ2 через замыкающие контакты контактора (202-К1), (302-К20) и ВУ3 – через замыкающие контакты контактора (202-К4), замкнутые контакты контактора (202-К5) и замыкающие контакты контактора (302-К10) если отключены основные генераторы Г1, Г2.

–подсоединение шин Г1 и Г2 к аэродромному источнику (если отключены генераторы) через замыкающие контакты контакторов (201-К3) и (201-К6); соответственно; шины Г1-1 Г2-1 соединены с шинами Г1 и Г2 замкнутыми контактами контакторов (201-К4) и (201-К5) (если отключен генератор ВСУ), а шины Г2-2 соединены с шинами Г2 замыкающими контактами контактора (201-К9) независимо от работы генератора ВСУ

–подсоединение шин одного отключенного генератора (например Г1) к аэродромному источнику замыкающие контакты контактора (201-К3) и замкнутые контак-

–ты контактора (201-К1) и шин Г2 к рабочему генератору Г2 - через замыкающие контакты контактора (201-К8); шины Г1-1 и Г2-1 остаются соединенными с шинами Г1 и Г2;

–подсоединение ВУ3 к шине АВШ2 через замкнутые контакты контактора (302-К11);

–подсоединение аэродромного источника 115/200 В к выпрямительному устройству ВУ3 (без включения источника в кабине экипажа) и включение ВУ3 на шину заправки топливом через замыкающие контакты контакторов (202-К5) и (302-К10) (включение ВУ3) и замыкающие контакты контактора (302-К16) подсоединение ВУ3 на шину заправки топливом. Управление осуществляется со щитка заправки топливом.

Канал аэродромного источника 115/200 В имеет встроенное устройство автономного питания функциональных цепей постоянным током, дублированное питание от системы постоянного тока.

Блоки управления и контроля, работающие в комплекте с источниками, обеспечивают необходимый контроль исправности каналов и при положительных результатах этого контроля – включение источников в сеть.

В цепях системы установлены тепловые биметаллические автоматы защиты и плавкие предохранители, обеспечивающие размыкание цепи при предельных токовых перегрузках и коротких замыканиях.

Система выполнена трехпроводной с использованием корпуса самолёта в качестве нулевого провода, что позволяет питать от этой системы как трёхфазные потребители напряжением 200 В, так и однофазные напряжением 115 В или 200 В, подключением их на фазное или линейное напряжение.

Силовые шины, к которым непосредственно подключаются потребители электроэнергии установлены:

- шины Г1 и Г1-1 - в левом ЦРУ 115/200 В;
- шины Г2, Г2-1 и Г2-2 - в правом ЦРУ 115/200 В;

Система электроснабжения напряжением 115/200 В постоянной частоты

Система состоит из двух независимых каналов – левого и правого бортов. В каждый канал входят преобразователи ПТС-2500, аппарат АПШ-3М, коммутирующая и защитная аппаратура.

Трёхфазные статические преобразователи ПТС-2500 мощностью 2,5 кВ·А каждый предназначены для преобразования постоянного тока напряжением 27 В в переменный трёхфазный ток напряжением 115/200 В частотой 400 Гц и питания им потребителей, требующих стабильной частоты переменного тока (пилотажно-навигационное, радиоэлектронное оборудование и др.).

В нормальном режиме питание всех потребителей, подключенным к шинам ПТ1, ПТ2 и АВШ осуществляется преобразователями ПТ1 ПТ2. При выходе из строя одного из них включается ПТ3 и замещает отказавший. При переходе на аварийное питание ПТ3 включается только на аварийные шины.

В системе автоматически обеспечивается:

- подсоединение преобразователя ПТ1 к шинам ПТ1 чрез замыкающие контакты контактора (203-К2) и через шины ПТ1 и замкнутые контакты контактора (203-К7) – к аварийным шинам 115/200 В;
- подсоединение преобразователя ПТ2 к шинам ПТ2 через замыкающие контакты контактора (202-К19);

–подсоединение преобразователя ПТЗ к шинам ПТ1 и аварийным шинам, в случае отказа преобразователя ПТ1, через замыкающие контакты контактора (203-К5), замкнутые контакты контактора (203-К2) - к шинам ПТ1 и через замыкающие контакты контактора (203-К7) - к аварийным шинам;

–подсоединение преобразователя ПТЗ к шинам ПТ2, в случае отказа преобразователя ПТ2, через замыкающие контакты контактора (203-К18), и замкнутые контакты контактора (203-К19);

–подсоединение преобразователя ПТЗ к аварийным шинам, в случае отключения преобразователя ПТ1 и ПТ2 при переходе на аварийное питание через замыкающие контакты контактора (203-К7).

В цепях системы установлены тепловые биметаллические автоматы защиты и плавкие предохранители, обеспечивающие размыкание цепи при предельных токовых нагрузках и коротких замыканиях.

Система выполнена трёхпроводной с использованием корпуса самолёта в качестве нулевого провода, что позволяет питать от этой системы как трёхфазные потребители напряжением 200 В, так и однофазные напряжением 115 В.

Силовые шины к которым непосредственно подключены потребители электроэнергии, установлены:

- шины ПТ1 и аварийные шины – в левом РУ115/200 В;
- шины ПТ2 в правом РУ115/200 В.

Система электроснабжения постоянным током

Система электроснабжения постоянным током напряжением 27 В состоит из двух независимых каналов – левого и правого бортов.

В канал левого борта входят:

- выпрямительное устройство F11RB4140 (ВУ1);
- аппарат АЗУВУ200Б (АЗУ1);
- аккумуляторная батарея 20FP25НІСТ-R (АКК1).

В канал правого борта входят:

- два выпрямительных устройства F11RB4140 (ВУ2 и ВУ3);
- два аппарата АЗУВУ200Б (АЗУ2 и АЗУ3);
- аккумуляторная батарея 20FP25НІСТ-R (АКК2).

Выпрямительные устройства F11RB4140 мощностью по 6 кВт предназначены для преобразования переменного трёхфазного тока переменной частоты в постоянный ток напряжением 27 В и питания им потребителей постоянного тока. Каждое выпрямительное устройство подключается к бортсети, отключается от неё и защищается от токов короткого замыкания аппаратом АЗУВУ200Б.

Аккумуляторные батареи 20FP25НІСТ-R ёмкостью 25 Ач каждая, являются электрохимическими источниками тока и предназначены для:

- питания ограниченного числа потребителей при проверках на земле (если отсутствует аэродромный источник и не запущен двигатель ВСУ);

- запуска двигателя ВСУ и флюгирования лопастей воздушных винтов (производится от аккумуляторной батареи №1, как совместно с ВУЗ так и без него);

- заправка топливом при отсутствии аэродромного источника и при неработающем двигателе ВСУ. В этом случае питание возможно от аккумуляторной батареи №2 без включения её на бортсеть;

- питание потребителей первой категории в полёте при переходе на аварийное питание.

Аккумуляторные батареи применяются с устройством сигнализации о критическом состоянии аккумуляторной батареи, связанной с её нагревом выше заданной критической температуры. Измерения температуры производятся датчиком, расположенном на межэлементном соединении батареи.

В системе автоматически обеспечивается:

- подсоединение аккумуляторных батарей к аварийным шинам ЦРУ 27 В (если переключатель аккумуляторных батарей установлен в положение "АКК НА АВАР ШИНЫ" через замкнутые контакты контактора (301-K3) замыкающие контакты контактора (301-K1) и замыкающие контакты контактора (301-K11). Аварийные шины РУ 27 В подключаются к аварийным шинам ЦРУ 27 В через замыкающие контакты контакторов (302-K2) и (302-K3);

- подсоединение аккумуляторных батарей на всю бортсеть постоянного тока (если переключатель аккумуляторных батарей

установлен в положение "АКК НА ОБЩ СЕТЬ". На аварийные шины аккумуляторные батареи переключаются так, как показано выше, а через замыкающие контакты контакторов (302-К8) и (302-К9) аварийные шины соединяются с Ш1 и Ш2 в ЦРУ 27 В, а через замыкающие контакты контактора (302-К12) - соединяются между собой. Шины Ш1 и Ш2 в РУ 27 В замыкающими контактами контакторов (302-К1) и (302-К4) подключаются к АВШ1 и АВШ2 в ЦРУ 27 В;

–подсоединение аккумуляторной батареи №1 к шине запуска и флюгирования (при запуске двигателя ВСУ или флюгировании лопастей ВВ) совместно с ВУ3 через замыкающие контакты контакторов (301-К3) - и (302-К11). При этом АКК1 и ВУ3 отключаются от бортсети. Возможно подключение АКК1 на эту шину без ВУ3;

–подсоединение ВУ1 и АКК1 к шинам АВШ1 и Ш1, а ВУ2, ВУ3 и АКК2 – к шинам АВШ2 и Ш2 (в нормальном режиме). При этом ВУ1 и ВУ2 подключаются к шинам АВШ1 и АВШ2 аппаратами АЗУ1 и АЗУ2, а ВУ3-АЗУ3 через замкнутые контакты контактора (302-К11);

–объединение замыкающими контактами контактора (302-К12) при отказе любого ВУ, в результате чего все шины постоянного тока питаются от двух ВУ и двух АКК;

–питание аварийных шин от одного ВУ и двух АКК при отказе двух ВУ (без ограничения по времени);

–питание аварийных шин от аккумуляторных батарей при переходе на аварийное питание (в течение ограниченного времени);

–обеспечение заправки топливом от ВУ3 (при подключенном источнике 115/200 В, без включения его и ВУ3 из кабины экипажа);

–обеспечение заправки топливом от аэродромного источника 27 В (при подключенном источнике, без включения его из кабины экипажа) – через замыкающие контакты контактора (301-К22) замкнутые контакты контактора (302-К16);

–обеспечение заправки топливом от АКК2 (при этом должен быть включен только выключатель "ЗАПРАВКА ОТ АККУМ" на правом пульте предполётной подготовки).

В цепях системы установлены биметаллические автоматы защиты и плавкие предохранители, обеспечивающие размыкание цепи при предельных токовых нагрузках и коротких замыканиях.

Система выполнена однопроводной с использованием корпуса самолёта в качестве нулевого провода.

Силовые шины к которым непосредственно подключаются потребители электроэнергии, установлены:

– АВШ1 и Ш1 в левом ЦРУ 27 В и левом РУ 27 В;

– АВШ2 и Ш2 в правом ЦРУ 27 В и правом РУ 27 В;

– шина запуска и флюгирования, шина заправки топливом – в РУ 27 В обтекателя.

Аэродромное электропитание

Аэродромное электропитание обеспечивается от аэродромного источника переменного тока напряжением 115/200 В частотой 400 Гц с заземлённой нейтралью через разъём ШРАП-340с.

Контроль правильности чередования фаз аэродромного источника осуществляется блоком чередования фаз (БЧФ-208), установленном на самолёте.

Аэродромное питание постоянным током напряжением 27 В обеспечивается от аэродромного источника 27 В через разъём ШРАП-280с.

Аэродромный источник 115/200 В должен иметь мощность не менее 40 кВ·А, аэродромный источник 27 В – не менее 12 кВт.

Запрещается:

– состыковывать разъём аэродромного питания, если в кабине включен переключатель аэродромного источника;

– расстыковывать разъём аэродромного питания, если горит светосигнализатор «АЭР115/200 В» или «27 В».

Система электроснабжения переменным током напряжением 115/200 В переменной частоты

Назначение

Система электроснабжения переменным током напряжением 115/200 В частотой (340...515) Гц предназначена для централизованного электроснабжения потребителей переменным

трёхфазным током напряжением 200 В и переменным однофазным током напряжением 200 В и 115 В частотой (340...515) Гц.

В состав системы входят

- два генератора 30030-140;
- генератор ТГ16ПЧ8ЕД;
- два блока регулирования, защиты и управления 2438-140;
- блок регулирования, защиты и управления БРЗУ 115 ВО-2с;
- два блока датчиков тока 20736-140;
- два блока датчиков тока БДТ16К;
- блок чередования фаз БЧФ-208;
- трансформатор ТТА1-115-400;
- монтажная рама РМ-БРЗУ 115 ВО-1 (на которой установлен БРЗУ 115 ВО-2с);
- коммутирующая, защитная и измерительная аппаратура, светосигнальные табло.

Размещение агрегатов и системы показано на рисунке 1.

Назначение и краткие технические характеристики агрегатов входящих в систему переменного тока

Генератор 30030-140 (описание и работа)

Генератор 30030-140 предназначен для питания потребителей электроэнергии путём преобразования механической энергии двигателя в электрическую энергию переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В частотой 340-515 Гц.

Генератор представляет собой четырехполюсную трёхфазную синхронную бесщёточную машину со встроенными:

- генератором трёхфазного тока (ГМП) с возбуждением от постоянных магнитов;
- задающим генератором трёхфазного тока (ЗГ) с обмоткой возбуждения питающейся от ГМП;
- диодным выпрямителем;
- основным генератором трёхфазного тока (ОГ), обмотка возбуждения которого питается через диодный выпрямитель от ЗГ;
- трансформатором тока дифференциальной защиты.

Трансформаторные обмотки ГМП, ЗГ И ОГ соединены «звездой» Постоянные магниты ГМП, трёхфазная обмотка ЗГ, диодный выпрямитель, обмотка возбуждения ОГ расположены на

роторе. Трёхфазная обмотка ГМП, обмотка возбуждения ЗГ, трёхфазная обмотка ОГ, трансформатор тока – на статоре.

При вращении ротора постоянные магниты наводят в обмотке ГМП напряжение переменного тока с частотой пропорциональной скорости вращения ротора. Это напряжение поступает в БРЗУ 2438-140, выпрямляется, фильтруется, регулируется и выдаётся на обмотку возбуждения ЗГ. При этом в трёхфазной обмотке ЗГ наводится напряжение переменного тока, которое через диодный выпрямитель подается на обмотку возбуждения ОГ, в результате чего в трёхфазной обмотке ОГ наводится напряжение 115/200 В частотой 340-515 Гц (определяется частотой вращения свободной турбины).

Генератор 30030-140 установленный на фланце переходника заднего редуктора двигателя, крепится ленточным хомутом.

Основные технические данные:

- номинальная мощность - 40 кВ·А;
- число фаз - 3;
- номинальное напряжение- 115/200 В;
- частотаот 340 до 515 Гц.

Генератор ГТ16ПЧ8ЕД (описание и работа)

Генератор ГТ16ПЧ8ЕД предназначен для питания части потребителей электроэнергии переменным трёхфазным током напряжением 115/200 В частотой 400 Гц

Приводом генератора служит двигатель ВСУ.

Генератор представляет собой шестиполюсную трёхфазную синхронную бесщёточную машину со встроенными:

–трёхфазным подвозбудителем с возбуждением от постоянных магнитов;

–трёхфазным возбудителем;

–вращающимся блоком диодов;

–трёхфазным основным генератором.

Трёхфазные обмотки подвозбудителя и основного генератора соединены «звездой».

Функции выполняемые подвозбудителем, возбудителем и основным генератором аналогичны функциям, выполняемым ГМП, ЗГ и ОГ в генераторе 30030-140.

Генератор установлен на двигателе ВСУ.

Основные технические данные:

- Номинальная мощность – 16 кВ·А;
- Число фаз – 3;
- Номинальное напряжение – 115/200 В;
- Номинальная частота – 400 Гц.

Система электроснабжения переменным током напряжением 115/200 В постоянной частоты

Назначение.

Система электроснабжения переменным током напряжением 115/200 В постоянной частотой 400 Гц предназначена для централизованного электроснабжения потребителей переменным трёхфазным током напряжением 200 В или 115 В частотой 400 Гц.

В состав системы входят:

- три статических преобразователя типа ПТС-2500;
- два аппарата переключения шин АПШ-3М;
- аппарат переключения преобразователей АПП-1М-5;
- коммутирующая, защитная и измерительная аппаратура, светосигнальные табло.

Назначение и краткие технические характеристики агрегатов, входящих в систему переменного тока

Преобразователь ПТС-2500

Преобразователь трёхфазный статический ПТС-2500 предназначен для питания потребителей бортсети переменного трёхфазного тока напряжением 115/200 В постоянной частоты 400 Гц.

ПТС-2500 состоит из:

- блока управления, включающего в себя БУ-39А, БУ-40А, БКЗ-2500;
- двух блоков инвертирования;
- трансформаторно-дроссельного блока;
- фильтра радиопомех, фильтров входного и выходного напряжения;
- двух электровентилляторов.

Напряжение 27 В с фильтра входного напряжения поступает на инверторы, преобразующие его в прямоугольные импульсы

напряжения переменного тока. К выходу инверторов подключено трансформаторно-выпрямительное устройство, преобразующее эти импульсы в трёхфазное переменное напряжение синусоидальной формы. Регулирование напряжения осуществляется блоком управления. Входящий в преобразователь блок управления БК3-2500 (блок контроля и защиты) содержит устройство встроенного контроля (УВК) и устройство защиты от токов перегрузки. УВК через контакты 4, 5, 6 разъёма X2 преобразователя подключено к фазам А, В, С. Контактторы УВК измеряют фазные напряжения и при достижении ими предельных значений формируют сигнал на отключение преобразователя.

Установлены ПТС-2500 под полом между шпангоутами №7 и 9: ПТС № 1 и 3 - слева, ПТС №2- справа.

Основные технические данные:

Номинальная мощность - 2500 В·А;

Номинальное напряжение питания - 27 В;

Номинальное входное напряжение- 115 В (фазное)

Номинальная частота- 400 Гц;

Напряжение срабатывания УВК:

- при повышении напряжения от 125 до 131 В;
- с задержкой от 0,3-1,0 секунда
- при понижении напряжения от 103 до 97 В;
- с задержкой от 5,1-6,9 секунды

Аппарат переключения шин АПШ-3М

Аппарат АПШ-3М в схеме управления преобразователями ПТС-2500 предназначен для отключения преобразователя №3 от шин ПТ1 или ПТ2 (к одним из которых он был подключён) при исчезновении или понижении ниже заданного уровня одного двух или трёх линейных напряжений на участке, контролируемом аппаратом (Е1) или (Е3) (см Рисунок 6) в результате обрыва или короткого замыкания.

При срабатывании (Е1) отпускает реле (К11) и отключают контактор (К5), в результате ПТ3 отключается от шины ПТ1.

При срабатывании (Е3) отпускает реле (К16) и отключают контактор (К18) - ПТ3 отключается от шины ПТ2.

Аппарат (Е1) установлен в левом РУ-115/200 В, аппарат (Е3) – в правом РУ-115/200 В.

Электроснабжение переменным током 115/200 В от аэродромного источника.

Аэродромный источник имеет следующие особенности подключения на бортовую сеть:

- аэродромный источник подключается на всю бортовую сеть переменного тока переменной частоты при отключенных основных генераторах и генератора ВСУ;

- при работающем одном из основных генераторов аэродромный источник подключается на тот борт, где нет работающего генератора;

- при включении обоих основных генераторов аэродромный источник автоматически отключается от всех шин и переводится в резерв на случай отключения одного или обоих генераторов;

- при включении генератора ВСУ аэродромный источник автоматически отключается от шин Г1-1 и Г2-1, а также от питания ВУ2 и ВУ3.

Предусмотрено включение аэродромного источника только для питания ВУ3, которое в свою очередь, подключается только на шину заправки топливом.

Система электроснабжения постоянным током. Назначение, состав, размещение, принципиальная схема.

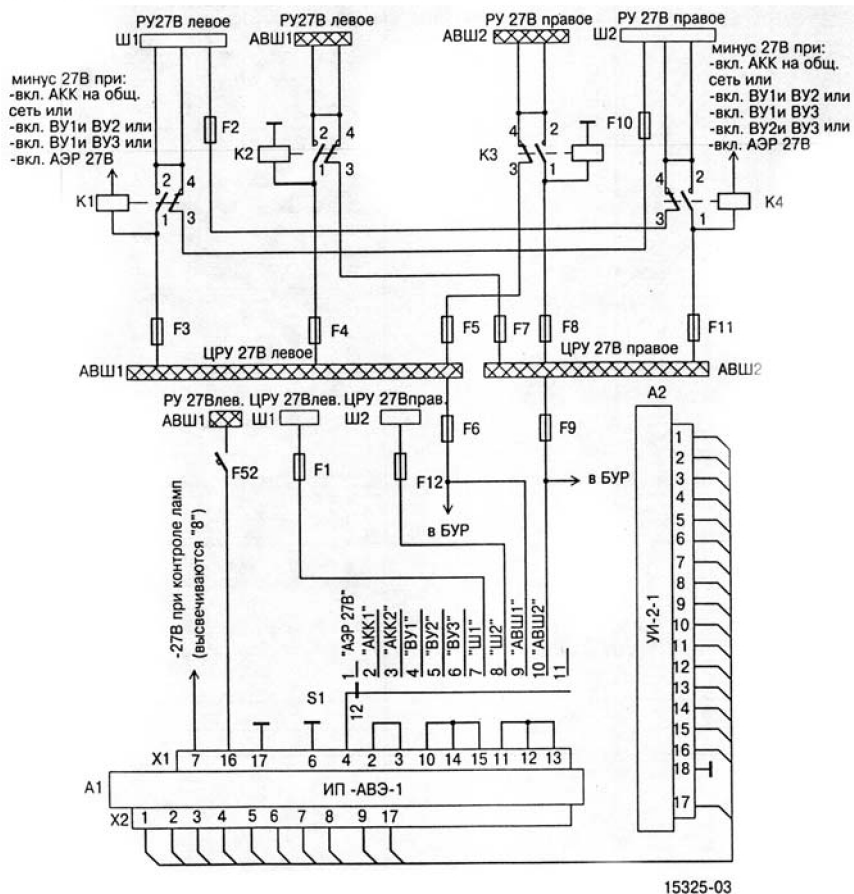
Назначение

Система электроснабжения постоянным током предназначена для централизованного электроснабжения потребителей постоянным током напряжением 27 В.

В состав системы входят:

- три выпрямительных устройства F11RB4140;
- три аппарата АЗУВУ200Б;

- три трансформатора ТТА1-115-400;
- две аккумуляторных батареи 20FP25НСТ-R;
- коммутирующая, защитная и измерительная аппаратура, светосигнальные табло.



Электроснабжение постоянным током 27 В от аэродромного источника

Аэродромный источник 27 В имеет следующие особенности подключения на бортовую:

–аэродромный источник подключается на всю бортовую сеть постоянного тока;

–при включённом на бортовую сеть аэродромном источнике блокируется включение:

–аккумуляторных батарей;

–выпрямительных устройств;

–табло "ПЕРЕМ ТОК ПРОВЕРЬ", "ПТЗ – ВКЛЮЧИ", "ПИТАНИЕ ОТ АККУМ";

–при запуске двигателя ВСУ бортовая сеть постоянного тока и стартер двигателя ВСУ питаются от аэродромного источника. Включение на шину запуска и флюгирования аккумуляторной батареи №1 не происходит;

–питание шины заправки топливом осуществляется при подстыкованном разъёме аэродромного источника без включения его переключателем аэродромного источника

Включение выпрямительных устройств

Установить переключатель аэродромного источника "АЭР 27 В – ОТКЛ - АЭР – 115 В" в положение "АЭР 115 В" Включить выпрямительное устройство №1, установив выключатель "ВУ1-ОТКЛ" в положение "ВУ1" табло "ПИТАНИЕ ОТ АККУМ" и табло "ВУ1-ОТКЛ" погаснут.

Установить переключатель вольтметра "27 В" в положение "ВУ1", "АВШ1", "АВШ2", - напряжение должно быть от 29 до 30 В в каждом положении переключателя.

Включить выпрямительное устройство №2, установив выключатель "ВУ2-ОТКЛ" в положение "ВУ2" - табло "ВУ2-ОТКЛ" должно погаснуть.

Установить переключатель вольтметра "27 В" в положение "ВУ2", "Ш1", "Ш2", "АВШ1", "АВШ2", - напряжение на вольтметре должно быть от 29 до 30 В в каждом положении переключателя.

Включить выпрямительное устройство №3, установив выключатель "ВУ3-ОТКЛ" в положение "ВУ3" - табло "ВУ3-ОТКЛ", "КОЛЬЦЕВАНИЕ 27 В ВКЛЮЧЕНО", "ПОСТ ТОК ПРОВЕРЬ" погаснут. Установить переключатель вольтметра "27 В" в положение "ВУ3" - напряжение должно быть от 29 до 30 В.

Включение преобразователей

Включить выпрямительные устройства ВУ1, ВУ2, ВУ3.

Включить преобразователь №3, установить переключатель ПТЗ в положение "РУЧН" – загорится табло "ПТЗ НА АВАР ШИНЫ", "ПТЗ НА ОСНОВ ШИНЫ".

Установить левый переключатель вольтметра "115 В" в положение "ШПТ1", "АВШ", правый – в положения «А», «В», «С» - напряжение в каждом положении переключателя должно быть от 115 до 120 В.

Установить переключатель "ПТЗ" в положение "АВТ" – изменений не должно произойти.

Включить преобразователь №1, установить выключатель "ПТ1-ОТКЛ" в положение "ПТ1" - табло "ПТ1-ОТКЛ", "ПТЗ НА АВАР ШИНЫ" погаснут. Установить левый переключатель "115 В" в положение "ШПТ1", "ШПТ2", "АВШ", правый – в положения «А», «В», «С» - напряжение в каждом положении переключателя должно быть от 115 до 120 В.

Включить преобразователь №2 установить переключатель "ПТ2-ОТКЛ" в положение "ПТ2" - табло "ПТ2-ОТКЛ", "ПТЗ НА ОСНОВ ШИНЫ" погаснут.

Преобразователь ПТЗ отключится.

Установить левый переключатель вольтметра "115 В" в положение "ШПТ2", а правый – в положения «А», «В», «С» напряжение в каждом положении переключателя должно быть от 115 до 120 В.

Включение генератора ВСУ

После запуска двигателя ВСУ включить генератор ВСУ, установить переключатель

"Г ВСУ-ОТКЛ" в положение "Г ВСУ" - загорится табло "ВКЛ" (рядом с выключателем). Установить левый переключатель вольтметра "115 В" в положение "Г ВСУ", правый - в положения «А», «В», «С» - напряжение в каждом положении переключателя должно быть от 115 до 120 В.

Отключить аэродромный источник , установив его переключатель в положение "ОТКЛ" – погаснет табло "АЭР 115 В" ("АЭР 27 В"), - загорится табло "ВУ1-ОТКЛ", "КОЛЬЦЕВАНИЕ

27 В ВКЛЮЧЕНО", "ПОСТ ТОК ПРОВЕРЬ", "ПЕРЕМ ТОК ПРОВЕРЬ", "Г1-ОТКЛ", "Г2-ОТКЛ".

Система распределения электроэнергии. Распределительные устройства, коммутационная и защитная аппаратура. Электрическая сеть.

Система осуществляет распределение электроэнергии на самолёте и, являясь связующей между источниками и потребителями электроэнергии и выполняет следующие функции:

- передачу электроэнергии от источников к распределительным устройствам и далее - к потребителям электроэнергии, обеспечивая на клеммах потребителей заданные параметры электроснабжения;
- защиту электрических проводов от токов короткого замыкания;
- необходимое резервирование электропитания шин распределительных устройств при отказах источников электроэнергии или других элементов системы.

В состав системы входят:

- электрические провода, обеспечивающие обеспечивающих передачу электроэнергии от источников к потребителям;
- аппараты защиты проводов и источников от токов перегрузки и коротких замыканий;
- коммутационная аппаратура, обеспечивающая подключение источников электроэнергии к шинам распределительных устройств;
- распределительные устройства, предназначенные для приёма и распределения электроэнергии;
- элементы обеспечивающие монтаж системы.

Распределительные устройства

Центральные распределительные устройства (ЦРУ) и распределительные устройства (РУ) выполнены в виде коробок прямоугольной формы внутри которых размещены элементы системы распределения электроэнергии: реле, контакторы, предохранители, автоматы защиты, шины клемные колодки, диоды электропровода. Автоматы защиты расположены как на основании коробок, так и на неподвижных стенках или на их поворотных крышках, выполненных в виде панелей. Крышки коробок свободны от элементов системы распределения, выполнены съёмными. Съёмные крышки и поворотные панели крепятся к коробке с помощью поворотных замков. Все установленные в коробках

элементы системы снабжены надписями, соответствующими позициям на принципиальных схемах и схемах электрических соединений. Электрическая связь коробок с электрической сетью осуществляется через электрические соединители или через шпильки силовых вводов.

Внутренние участки силовой электропроводки коробок, к каждому из которых подключена группа аппаратов защиты, условно составляет силовые шины распределительной сети (рис. 34). Эти шины составляют две группы:

– основные шины, которые обеспечивают питанием от основных источников электроэнергии;

– аварийные шины, которые в нормальном режиме обеспечиваются питанием от основных источников электроэнергии, а в аварийном – от аварийных источников.

Размещение шин в распределительных устройствах:

– ЦРУ 115/200 В левое - шины Г1, Г1-1;

– ЦРУ 115/200 В правое - шины Г2, Г2-1, Г2-2;

– ЦРУ 27 В левое - шина Ш1, аварийная шина АВШ1;

– ЦРУ 27 В правое - шина Ш2, аварийная шина АВШ2;

– РУ 27 В левое - шина Ш1, аварийная шина АВШ1;

– РУ 27 В правое - шина Ш2, аварийная шина АВШ2;

– РУ 115/200 В левое - шины ПТ1, аварийная шина АВШ;

– РУ 115/200 В правое - шины ПТ2

– РУ 27 В обтекателя - шина запуска и флюгирования (аварийная), шина заправки топливом.

Электрическая сеть

Передача электроэнергии от источников к потребителям осуществляется электрическими проводами. Для удобства монтажа провода объединены в жгуты. В местах разветвления проводов установлены клеммные колодки, в местах объединения - электрические соединители. Провода и жгуты электрической сети имеют буквенно-цифровую маркировку, которая позволяет определить участок, где проложен жгут и принадлежность к этому или иному фидеру. В местах прохода жгутов и силовых проводов через гермоперегородки установлены специальные гермопроходы. В местах расположения жгутов обеспечена их защита от механических повреждений.

В зависимости от расположения жгутов в различных зонах самолёта, монтажа распределительных устройств, коробок и других электросборок, конструктивных особенностей потребителей – монтаж электрической сети в основном выполнен следующими типами проводов:

- 55 РС;
- БСА;
- АВКТДЛ;
- РК SQ – 2 – 22;
- ФТ-А, ФТ-Х;
- МСЭО 26-13;
- МС36-11.

Сечение применяемых проводов – от 0,2 до 95 мм².

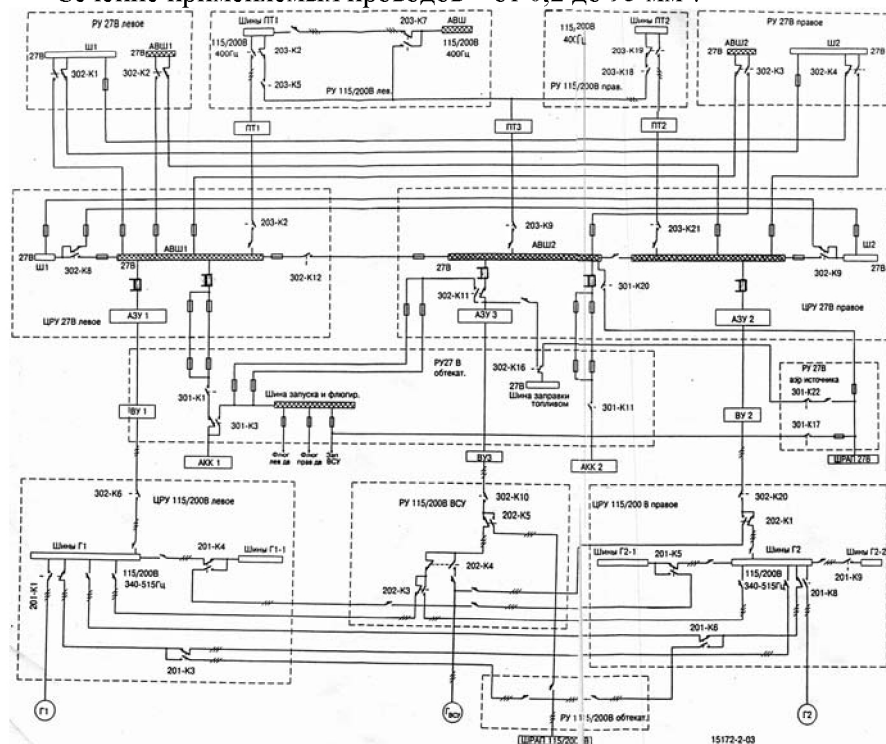


Схема распределительной сети

Генераторы переменного тока на сверхпроводниках

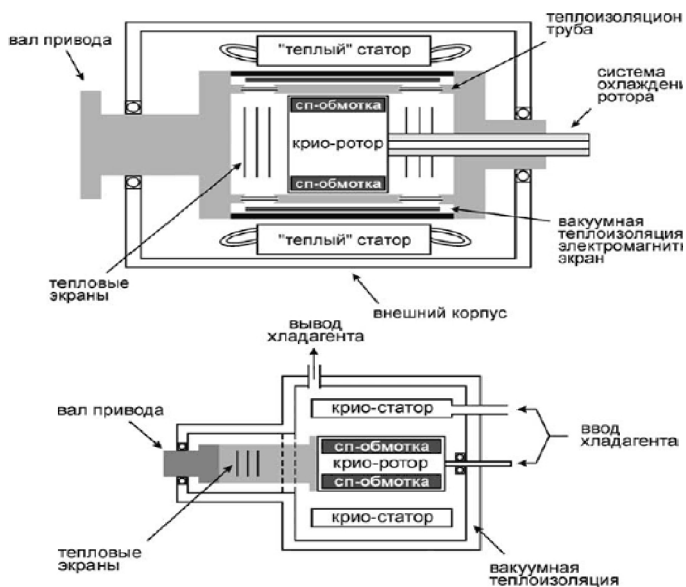


Таблица 5. Промышленные требования к ВТСП проводам для применения в различных областях [3]

Применение	Требования к ВТСП материалу							
	$I_c, A/cm^2$	Поле, Тл.	T, К	I_c, A	Длина, м	Деформация, %	Радиус изгиба, м	Стоимость, долл./кАм
Генератор 100 МВт	$5 \cdot 10^4$ ^(a)	4-5	20-50	500-1000	500-1000	0,2	0,1	10
Ограничитель тока	10^4 - 10^5	0,3-3	40-77	10^3 - 10^4	1000	0,2	0,1	10-30
Двигатель (1000 л.с.)	10^5	2-4	25-77	100-500	1000	0,2-0,3	0,05	10
Накопитель SMES 1 МВт·час	10^5	5-10	20-77	10^4	1000	0,2	1	2-5
Кабель	10^4 - 10^5	<0,2	65-77	25-30 ^(b)	100	0,4	2 ^(b)	10-100 ^(b)
Трансформатор	10^4 - 10^5	0,1	20-77	200-1400	1000	0,2	0,2	10

Система электроснабжения В-787

Advanced Energy Management
 Generate, Distribute, and Consume energy in an effective and efficient manner.

Hybrid AC and DC Primary Distribution Systems
 (230 Vac, 115 Vac, ± 270 Vdc, 28 Vdc)

Elimination of Pneumatic Bleed System

Electric Wing Ice Protection

Liquid Cooled Power Electronics

Two 250 kVA Variable Frequency Starter/Generators per engine

APU with Two 225 kVA Starter/Generators

Adjustable Electric Air Conditioning

Adjustable Speed Motors and Motor Controllers

Первичная система генерации электрической энергии базируется на снятие переменного тока переменной частоты напряжения $\cong 230$ В.

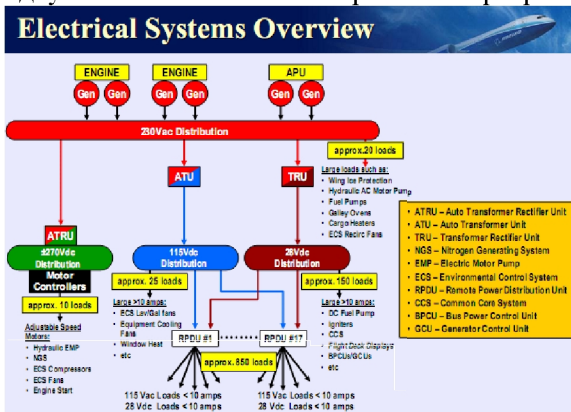
Генерация, распределение и потребление энергии наиболее эффективным способом:

Основные системы электроснабжения включают:

- $\cong 230$ В – переменной частоты, \square 115 В – переменного тока;
- $\cong 270$ В – постоянной чистоты и \square 28 В – постоянный ток.

Система генерации включает:

1. Два 250 киловольт-амперных генератора-стартера с переменной частотой установлены на каждом двигателе.
2. ВСУ с двумя 225 киловольт-амперными стартер-генераторами.



Обзор электросистемы

Каждый двигатель имеет 2 генератора, ВСУ – 2 генератора \cong 230 В. Напряжение распределяется на агрегата:

- АТРУ (автоматический выпрямительный преобразователь);
- АТУ (автоматически преобразователь);
- ТРУ (выпрямительный преобразователь),

потребителями ± 270 В, \square 115 В, ± 28 В соответственно. АТРУ питает систему регулирования частоты вращения ротора (примерно 10 загрузок), которая включает в себя:

- гидравлический электронасос;
- азотную систему нагнетания;
- экологический контроль компрессоров;
- экологический контроль вентилятора;
- запуск двигателя.

АТУ питает (25 загрузок):

- экологический контроль компрессоров;
- система охлаждения вентилятора;
- обдув стекол.

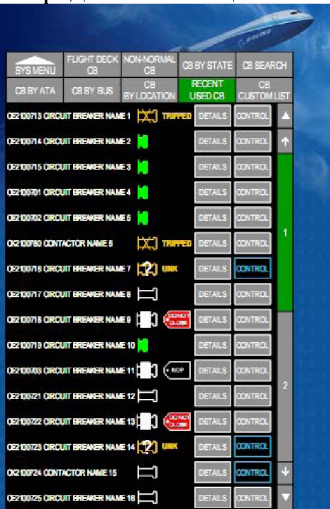
А также разнесенную систему распределения мощности №1, где \cong 115 В ТРУ питает:

- топливный насос;
- запальные свечи;
- центральная система;
- приборная доска пилотов;
- центр управления/регулирование генератора.

А также разнесенную систему распределения мощности №17.

Electronic Circuit Breakers

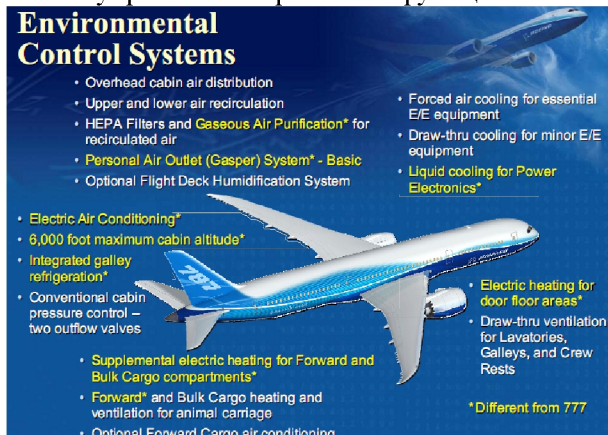
- Display-based control and indication of breaker state
- Accessible on Multi-Function Displays (MFDs) and maintenance access devices



SYSTEM	FLIGHT DECK	NON-NORMAL	CB BY STATE	CB SEARCH
CB BY ATA	CB BY SUB	CB BY LOCATION	RECENT USED C/B	CB CUSTOM LIST
02100013	CIRCUIT BREAKER NAME 1		TRIPPED	DETAILS CONTROL
02100014	CIRCUIT BREAKER NAME 2			DETAILS CONTROL
02100015	CIRCUIT BREAKER NAME 3			DETAILS CONTROL
02100016	CIRCUIT BREAKER NAME 4			DETAILS CONTROL
02100017	CIRCUIT BREAKER NAME 5			DETAILS CONTROL
02100018	CIRCUIT BREAKER NAME 6		TRIPPED	DETAILS CONTROL
02100019	CIRCUIT BREAKER NAME 7		TRIPPED	DETAILS CONTROL
02100020	CIRCUIT BREAKER NAME 8			DETAILS CONTROL
02100021	CIRCUIT BREAKER NAME 9			DETAILS CONTROL
02100022	CIRCUIT BREAKER NAME 10			DETAILS CONTROL
02100023	CIRCUIT BREAKER NAME 11			DETAILS CONTROL
02100024	CIRCUIT BREAKER NAME 12			DETAILS CONTROL
02100025	CIRCUIT BREAKER NAME 13			DETAILS CONTROL
02100026	CIRCUIT BREAKER NAME 14		TRIPPED	DETAILS CONTROL
02100027	CIRCUIT BREAKER NAME 15			DETAILS CONTROL
02100028	CIRCUIT BREAKER NAME 16			DETAILS CONTROL
02100029	CIRCUIT BREAKER NAME 17			DETAILS CONTROL

Автоматы защиты сети

- Дисплей контроля и индикации состояния АЗС.
- Доступность управления через многофункциональный дисплей.



Environmental Control Systems

- Overhead cabin air distribution
- Upper and lower air recirculation
- HEPA Filters and **Gaseous Air Purification*** for recirculated air
- **Personal Air Outlet (Casper) System*** - Basic
- Optional Flight Deck Humidification System
- **Electric Air Conditioning***
- **6,000 foot maximum cabin altitude***
- **Integrated galley refrigeration***
- Conventional cabin pressure control – two outflow valves
- **Supplemental electric heating for Forward and Bulk Cargo compartments***
- **Forward* and Bulk Cargo heating and ventilation for animal carriage**
- **Optional Forward Cargo air conditioning**
- **Forced air cooling for essential E/E equipment**
- **Draw-thru cooling for minor E/E equipment**
- **Liquid cooling for Power Electronics***
- **Electric heating for door floor areas***
- **Draw-thru ventilation for Lavatories, Galleys, and Crew Rests**

*Different from 777

Система электроснабжения А380

1. Описание системы

Генерирование переменного тока

Питание сети переменным током напряжением ~115 В может осуществляться от трех типов источников электроснабжения:

–Генераторы с приводом от двигателей

Каждый двигатель имеет по одному генератору. Эти генераторы являются основными источниками электрической энергии. Генератор работающего двигателя обеспечивает питание переменным током 115 В переменной частоты своей шины переменного тока (Например, генератор **GEN 1** (см. схему системы генерирования переменного тока) снабжает шину **AC 1**)

Каждый из двигательных генераторов может выдавать ток мощностью до 150 кВт.

–Генераторы ВСУ

ВСУ может приводить два генератора. Когда ВСУ работает, она приводит боа генератора одновременно.

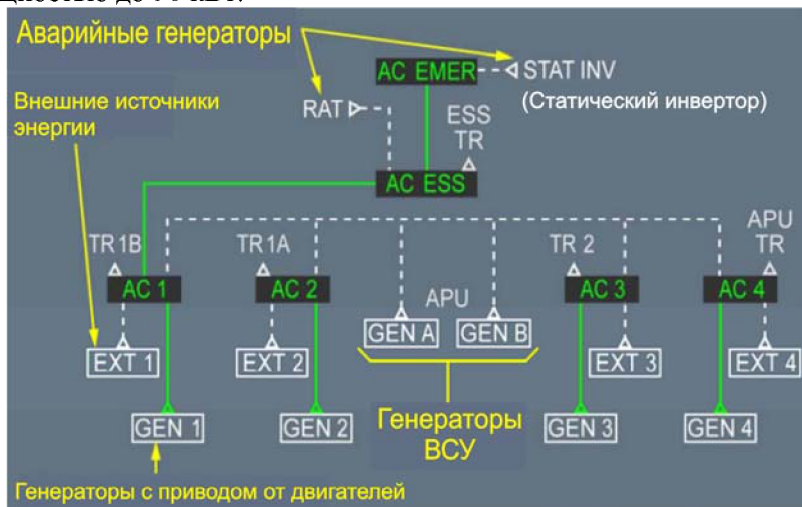
Эти генераторы вырабатывают ток напряжением ~115 В постоянной частоты 400 Гц.

Каждый из генераторов ВСУ может выдавать мощность до 120 кВт.

–Наземные источники питания

На земле возможно подключение к самолету до 4х внешних источников электропитания. Эти источники могут обеспечивать питание напряжением ~115 В постоянной частоты 400 Гц.

Каждый из наземных источников может выдавать ток мощностью до 90 кВт.



Генерирование постоянного тока

–Статические выпрямительные преобразователи (TR)

Постоянный ток 28В вырабатывается из переменного четырьмя выпрямительными преобразователями (TR 1A, ESS TR, TR 2A, и APU TR (см. схему генерирования постоянного тока)). TR 2A может резервироваться TR 2B, и TR 1A может резервироваться TR 1B.

–Батареи

На борту самолета имеются 4 аккумуляторные батареи, емкость каждой 50 А·ч. Батареи обеспечивают питание постоянным током в случае отсутствия переменного.



Система генерирования постоянного тока

Аварийное электроснабжение

В случае, если источники питания шин переменного тока **AC 1**, **AC 2**, **AC 3**, и **AC 4** отказали в полете, автоматически выпустится в поток аварийная воздушная турбина (**RAT - Ram Air Turbine**, диаметром 1.63 м) и будет механически приводить аварийный генератор, который питает основную шину переменного тока (**AC ESS**) ~ током переменной частоты.

Аварийный генератор может обеспечить энергией все электрические потребители, необходимые для завершения полета и посадки.

Во время выдвижения воздушной турбины в поток и после посадки (на скорости менее 260 км/ч) аварийную шину ~ тока (**AC EMER**).

Электрические сети

Нормальное функционирование обеспечивается

- Четырьмя шинами тока (**AC 1**, **AC 2**, **AC 3** и **AC 4** (см. рисунок)).
- Двумя шинами = тока (**DC 1** и **DC 2**)
- Одной шиной ~ тока **VCU (DC APU)**.

Секционные контакторы **BUS TIE contactors** работают в автоматическом режиме, что позволяет осуществлять любую необходимую реконфигурацию подсоединением/отсоединением:

- Шин ~ тока **AC** друг к/от друга
- Шин = тока **DC 1** и **DC 2** друг к/от друга.

Аварийная электрическая сеть питается от:

- Одной основной шины ~ тока (**AC ESS**)

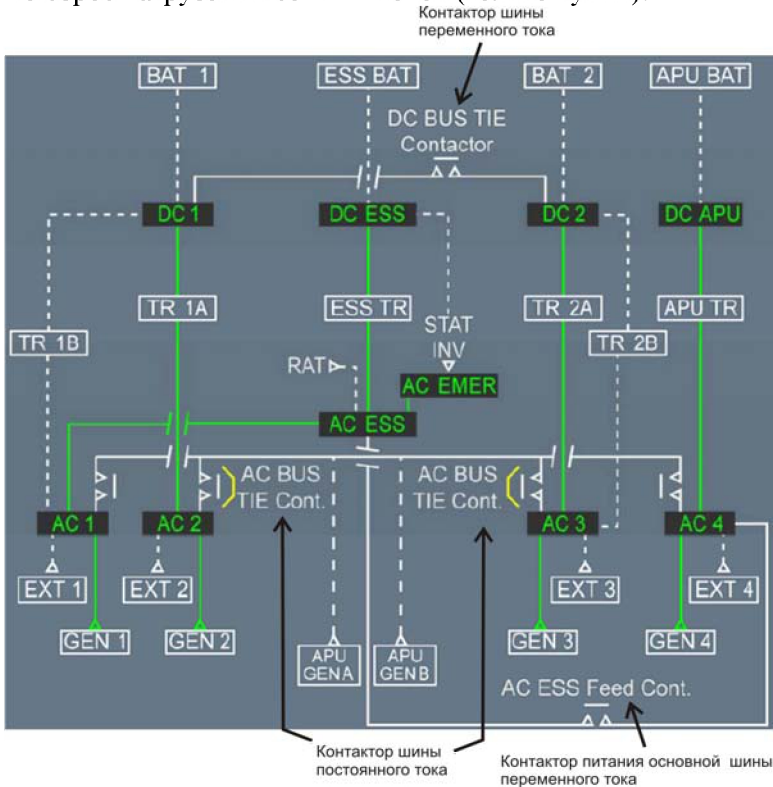
- Одной аварийной шины ~ тока (**AC EMER**)
- Одной основной шиной = тока (**DC ESS**).

Сброс нагрузки

Перегрузка генератора может произойти в случае, когда только два (или менее) генераторов питают всю электрическую сеть.

В случае перегрузки генератора, некоторые из неосновных (коммерческих) потребителей тока (таких как кухни, самолетная развлекательная система и т. д.) автоматически временно сбрасываются Электронным Блоком Контроля Нагрузки **ELMU** (*Electrical Load Monitoring Unit*). Когда потребная мощность питания восстанавливается, соединение также восстанавливается автоматически.

В случае, если **ELMU** не доступен, будет осуществляться только сброс нагрузок высоких ~ токов (только кухни).



2. Нормальная работа

Работают все двигатели

Сеть распределения переменного тока

Каждый из двигательных генераторов питает свою шину ~ тока. Далее, шины ~ тока обеспечивают электроснабжение следующим образом:

- Шина ~ тока **AC 1** снабжает основную шину **AC ESS**, которая в свою очередь питает аварийную шину **AC EMER** и выпрямитель **ESS TR**.

- Шина ~ тока **AC 2** питает выпрямитель **TR 1A**

- Шина ~ тока **AC 3** питает выпрямитель **TR 2A**

- Шина ~ тока **AC 3** питает выпрямитель **BCU**.

Сеть распределения постоянного тока

- Выпрямитель **ESS TR** питает основную шину = тока **DC ESS**

- Выпрямитель **TR 1A** питает шину = тока **DC 1**

- Выпрямитель **TR 2A** питает шину = тока **DC 2**

- Выпрямитель **BCU APU TR** питает шину = тока **BCU DC APU**



Работают все двигатели. Экран системы ECAM

3. Работа при осложненных условиях

Общее

В любой отклоняющейся от нормы электрической конфигурации (например, отказ одного или нескольких двигательных генераторов, отказ выпрямительного преобразователя **TR**), электрическая сеть автоматически переконфигурируется, чтобы обеспечить снабжение наибольшего возможного числа шин оставшимися источниками электроэнергии. Любые два генератора могут питать всю электрическую сеть, поскольку каждый генератор может питать до двух шин переменного тока **AC**.

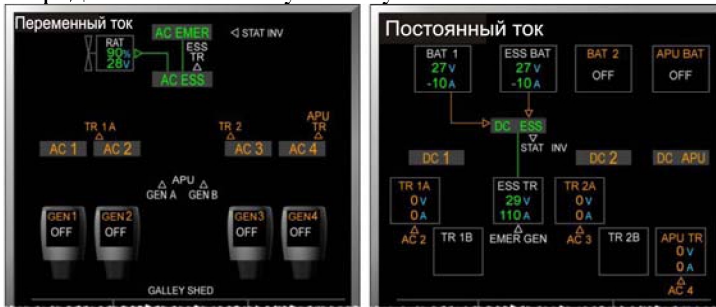
Отказ генератора

• Отказ какого-либо из двигательных генераторов/генераторов ВСУ

Каждая шина ~ тока будет питаться в следующем порядке приоритетности:

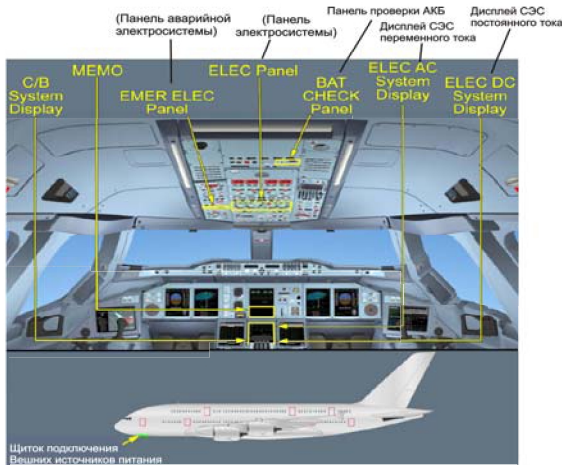
- Генераторами ВСУ
- Другим двигательным генератором.
- Отказ шин AC 1, AC 2, AC 3 и AC 4 .

Автоматически выпускается воздушная турбина RAT, которая питает основную шину AC ESS или аварийную шину AC EMER и основной выпрямительный преобразователь ESS TR, который в свою очередь питает основную шину = тока DC ESS.



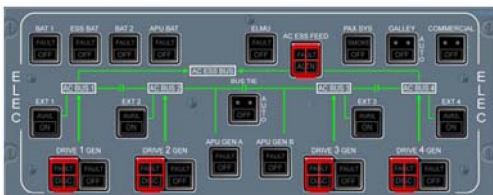
Отказ шин AC1, AC 2, AC 3 и AC 4 : Экран ECAM

4. Управление и отображение информации



Управление и отображение информации

Панель СЭС



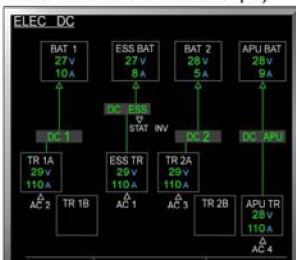
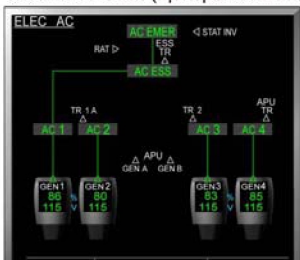
Панель проверки напряжения АКБ



Панель аварийного электроснабжения

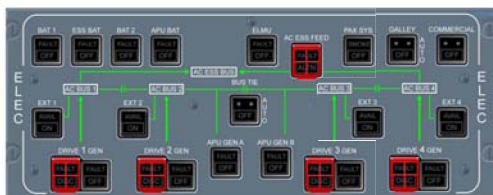


Страница электроснабжения Постоянного/переменного тока системы ECAM (Централизованного электронного самолетного монитора)



Управление и отображение информации

Панель СЭС



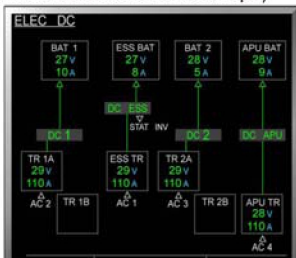
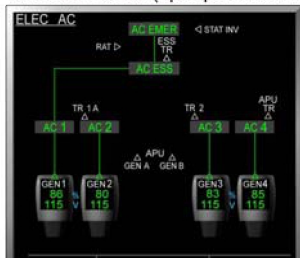
Панель проверки напряжения АКБ



Панель аварийного электроснабжения



Страница электроснабжения Постоянного/переменного тока системы ECAM (Централизованного электронного самолетного монитора)



Управление и отображение информации

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брускин, Д.Э. Электроснабжение летательных аппаратов / Д.Э. Брускин, И.М. Синдеев. – М.: Высшая школа, 1988. – С. 263.
2. Основы электрооборудования летательных аппаратов. Ч.1 - 2 / Под ред. Д.Э. Брускина. – М.: Высшая школа, 1978. – С.563.
3. Злочевский, В.С. Системы электроснабжения пассажирских самолетов / В.С. Злочевский. – М.: Машиностроение, 1971. – С.375.
4. Специальные электрические машины / [А.И. Бертинов и др.]. – М.: Энергоиздат, 1982.
5. Монтаж, контроль и испытания электротехнического оборудования ЛА / [А.Н. Коптев и др.]. – М.: Машиностроение, 1998. – С. 295.
6. Система электроснабжения самолета Ту-204. Техническое описание. – М.: ОАО «Туполев», 1997.
7. Системы электроснабжения самолетов В-757, В-767, В-777: учеб. пособие, 1997.

Учебное издание

Коптев Анатолий Никитович

**АВИАЦИОННОЕ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Книга 1

Учебное пособие

В авторской редакции
Компьютерная верстка А.А. Моисеев

Подписано в печать 30.06.2011. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 15,5.
Тираж 300 экз. Заказ .

Самарский государственный аэрокосмический университет
443086. Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086. Самара, Московское шоссе, 34.

