

Министерство образования РФ
Самарский государственный ордена Трудового Красного Знамени
аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева

М.А.Петровичев, Е.И.Давыдов

СИСТЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Лабораторный практикум

Самара 2003г.

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве
лабораторного практикума для студентов
Самара 2002-11-22

УДК 629.7.064.5 076.5

Петровичев М.А., Давыдов Е.И. Системы оборудования летательных аппаратов: лабораторный практикум. Самара, 2002, ... 78 с.

Настоящий лабораторный практикум является пособием по дисциплине "Оборудование летательных аппаратов", в ней рассмотрены вопросы испытания бортового электрооборудования летательных аппаратов. Приводятся основные характеристики источников электропитания летательных аппаратов, тензометрической системы, системы регулирования расхода топлива, бортовой автоматики. Включает описание лабораторных установок и рекомендации по экспериментальному исследованию бортового оборудования.

Разработано кафедрой летательных аппаратов и предназначено студентам факультета летательных аппаратов, а также может быть полезно для студентов других специальностей аэрокосмического профиля при выполнении лабораторных работ по данному курсу.

Рецензент: доцент кафедры конструкции и проектирования
летательных аппаратов А.С. Кучеров

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ

Все работы выполняются бригадой из 3...5 студентов. На первом занятии со студентами проводится инструктаж по технике безопасности. После получения задания бригада знакомится с принципом действия, конструкцией испытуемого устройства и контрольно-измерительной аппаратурой. Студенты, ознакомившись с экспериментальной установкой, получают разрешение преподавателя на включение установки. При дальнейшей самостоятельной работе бригады необходимо внимательно производить переключение и измерения во избежание перегрузок приборов. Установка должна быть включена только на то время, в течение которого проводится эксперимент. По окончании эксперимента каждым членом бригады оформляется отчет по проделанной работе и предъявляется преподавателю. Преподаватель проверяет знания, полученные студентами о принципе действия соответствующего устройства, умение анализировать полученные результаты. По проделанной работе студент должен уметь ответить на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой работы.

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА (ХИТ)

Цель работы: изучить принцип действия, конструкцию, эксплуатационные характеристики серебряно-цинковых аккумуляторов, снять разрядно зарядные характеристики.

Общие сведения о химических источниках тока (ХИТ)

Химический источник тока (ХИТ) - это устройство, в котором энергия химической реакции непосредственно превращается в электрическую энергию.

Большое разнообразие ХИТ, отличающихся размерами, конструктивными особенностями и природой протекающих в них токообразующей реакции, обусловлено широким использованием их в различных условиях и отраслях техники,

По принципу работы ХИТ делятся на следующие группы:

первичные элементы (элементы однократного действия), в первичных элементах заложен определенный запас реагентов, после израсходования которого они теряют свою работоспособность;

аккумуляторы (элементы многократного действия, перезаряжаемые, вторичные или обратимые). Аккумуляторы после разряда допускают повторный заряд путем пропуска тока от внешней цепи в обратном направлении, при этом из продуктов реакции регенерируются некоторые реагенты. Большинство аккумуляторов допускает проведение большого числа циклов заряд-разряд;

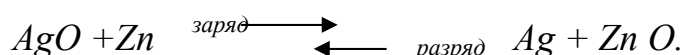
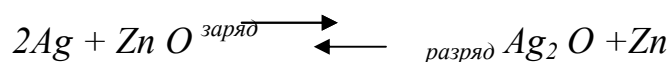
топливные элементы. В топливные элементы в процессе работы непрерывно подводятся новые порции реагентов и одновременно удаляются продукты реакции, поэтому они могут разряжаться непрерывно в течение длительного времени.

Поскольку наиболее широкое применение получили аккумуляторы, то настоящая работа ставит своей задачей ознакомление с наиболее распространенными их типами.

Серебряно-цинковые аккумуляторы

Серебряно-цинковые (СЦ) аккумуляторы представляют собой вариант щелочного аккумулятора с отрицательным цинковым электродом. Электролитом служит раствор химически чистого едкого кали концентрации около 560 г/л.

Токообразующая реакция может быть представлена следующими уравнениями:



При заряде аккумулятора на положительных электродах происходит окисление металлического серебра Ag до полуокиси Ag₂O и частично до окиси Ag₀, на отрицательных - восстановление окиси цинка (ZnO) до металлического цинка (Zn).

Наличие двух стадий химической реакции обуславливает две ступени заряда и разряда СЦ аккумуляторов.

Первая ступень (напряжение 1,62-1,65В) соответствует образованию полуокиси серебра и составляет около 25-50% от общей длительности заряда. Вторая ступень (напряжение 1,92-1,95В) соответствует образованию окиси серебра, и заряд на этой ступени занимает около 70% времени.

Когда зарядное напряжение достигает 2В, начинается выделение кислорода на положительном электроде. Продолжение заряда при таком напряжении является бесполезным, так как аккумулятор при этом заряд не принимает.

При разряде аккумулятора небольшими токами также четко выражены две ступени.

Повышенное напряжение вначале разряда обуславливается протеканием процесса восстановления образовавшейся при заряде окиси серебра до полуокиси. Время разряда с более низким и стабильным напряжением (1,55-1,58) составляет 70-75%.

Время стабильного напряжения обусловлено процессом восстановления полуокиси серебра до металлического серебра.

. Помимо основных реакций, при работе и хранении СЦ аккумуляторов возможно протекание ряда побочных реакций.

Одна из побочных реакций - саморастворение металлического цинка (коррозия), сопровождающееся выделением газообразного водорода. При температуре 20°C выделяется 0,3-0,4 мл водорода в сутки с одного ампер-часа емкости аккумулятора, при температуре 0°C - 0,13 мл, при температуре 40°C - 2 мл.

. Условное обозначение серебряно-цинковых аккумуляторов состоит из букв СЦ, определяющих их принадлежность, буквы, характеризующей конструктивную разновидность и времени разряда:

К - короткий (от 15-минутного до 1-часового);

С - средний (от 1-часового до 10-часового);

Д - длительный (от 10-часового и более);

К - средний, многоцикловой;

Б - буферный, многоцикловой,

и числа, условно показывающего емкость аккумулятора. Через дробную черту к условному обозначению аккумулятора указывается четырехзначный или пятизначный номер технологического варианта исполнения.

Например: СЦБ 70 /20242,

где: СЦБ70 обозначает серебряно-цинковый аккумулятор с буферным режимом разряда, размера 70 а-часов;

2 — вариант изготовления" массы отрицательного электрода;

С - номер сборки без крепления пакета электродов;

2 - аккумулятор заливается электролитом Эщ-18;

4-4 слоя сепарации;

2. - вариант изготовления массы положительного электрода.

Соединенные последовательно или параллельно аккумулятора составляют батареи, которые образуют блок питания.

Пример обозначения блока питания:

(4СЦД40)X2 обозначает, что блок состоит из 2-х параллельно соединенных между собой батарей, каждая из которых состоит из четырех последовательно соединенных аккумуляторов СЦД40.

Основные технико-эксплуатационные характеристики:

Удельная энергия - ≤ 130 Вт-ч/кг.

Ресурс - до 200 зарядно-разрядных циклов.

Срок службы - до 2-х лет.

Диапазон рабочих температур - от 0 до 40 С.

2. Конструкция серебряно-цинковых аккумуляторов

2.1. Положительный электрод серебряно-цинкового аккумулятора изготавливается из серебра. Характерной особенностью серебра является легкость его восстановления до металла из соединений. Благодаря этому и хорошей электропроводности на основе его соединений можно конструировать разные химические ИСТОЧНИКИ тока.

2.2. Положительные электроды аккумуляторов обычно изготавливаются из порошка серебра, который прессуется на каркас из серебряной проволоки, отрицательный электрод изготавливается из цинка. В серебряно-цинковых аккумуляторах используется нерастворимый отрицательный электрод. В этом электроде, благодаря применению высокопористого цинкового электрода и малого количества электролита, который в основном находится в порах электрода и сепараторного материала, обеспечиваются значительно лучшие условия для работы цинкового электрода.

Так как количество растворенного в электролите цинка невелико, осаждение его в виде дендритов происходит гораздо медленнее, что позволяет значительно увеличить срок службы аккумулятора.

В отечественных аккумуляторах отрицательные электроды изготавливаются так называемым намазным способом - паста из порошка цинка намазывается на

каркас из освинцованной медной проволоки, затем осуществляется подпрессовка и прокалка.

2.3. Для современных серебряно-цинковых аккумуляторов электролит изготавливается из частого едкого кали, плотность щелочного электролита равна 1,4.

Практически электролит в аккумуляторе не расходуется, поэтому общее количество его обычно невелико - в порах активных масс и сепарации. При неплотно закрытых пробках он начинает поглощать углекислый газ из воздуха, что ведет к увеличению внутреннего сопротивления аккумулятора. С ростом числа разрядно-зарядных циклов уровень электролита начинает понижаться за счет разложения воды в конце заряда.

2.4. В ходе разработки серебряно-цинковых аккумуляторов одной из основных проблем явилась проблема сепарации, при малом электрическом сопротивлении и хорошей химической стойкости в щелочи, сепарация должна препятствовать продвижению через нее частиц серебра и дендритов цинка.

В настоящее время в серебряно-цинковых аккумуляторах получила применение сепарация из целлюлозы, в которую «одевается» отрицательный электрод (рис.1.2). Эта сепарация не имеет сквозных пор, через которые электролит мог он свободно диффундировать от одного электрода к другому.

Целлофановая сепарация после помещения ее в раствор щелочи впитывает в себя электролит, набухает и увеличивает свою толщину в 2-5 раза. Перенос ионов через такую сепарацию происходит принудительно (под влиянием электрического поля, возникающего в работающем аккумуляторе).

Целлофановая пленка довольно легко подвергается окислению окислами серебра и кислородом, выделяющимся на серебряном электроде при перезаряде аккумулятора. Для предотвращения этого на положительный электрод одевается дополнительная сепарация из капроновой ткани – «капроновый чулок» (рис. 1.2).

Сборка аккумуляторных блоков в сосуде производится с таким расчетом, что набухающая сепарация создает достаточное давление, препятствующее сползанию активной массы отрицательного электрода.

Следует отметить, что целлофановая пленка не отвечает в полной мере требованиям, предъявляемым к сепарации серебряно-цинковых аккумуляторов. При определенных условиях дендриты цинка могут прорасти через целлофан за счет восстановления цинка в толще сепарации, замыкая пластины аккумулятора. Это возможно при перезаряде аккумулятора.

Постепенное химическое разрушение сепаратной пленки за счет окисления является основной причиной, ограничивающей в настоящее время срок службы серебряно-цинковых аккумуляторов.

2.5. Сосуды для аккумуляторов (рис.1.1, поз.1), в которых размещаются пакеты электродов, и крышки (рис.1.1, поз.2) изготавливаются из полистирола или полиамида методом штамповки или литья под давлением.

2.6. В аккумуляторах имеются в крышках отдельные отверстия для заливки электролита и вентиляции, заливочное отверстие закрывается газоотводной пробкой (см. рис.1.1, поз. 4).

В пробке предусматривается отверстие с клапаном для выпуска скопившихся газов. Пробки водонепроницаемы и открываются

только при определенном избыточном давлении внутри аккумуляторного сосуда.

2.7. Сборка аккумуляторного блока (рис.1.2) производится следующим образом: две отрицательные пластины 1 заворачиваются в целлофановую пленку 2, а затем сгибаются по линии а-б. Между ними помещается положительный электрод, на который надет капроновый мешок.

2.6. Основные рабочие характеристики серебряно-цинкового аккумулятора:
а) приведение в действие. Для этого необходимо выполнить три операции:

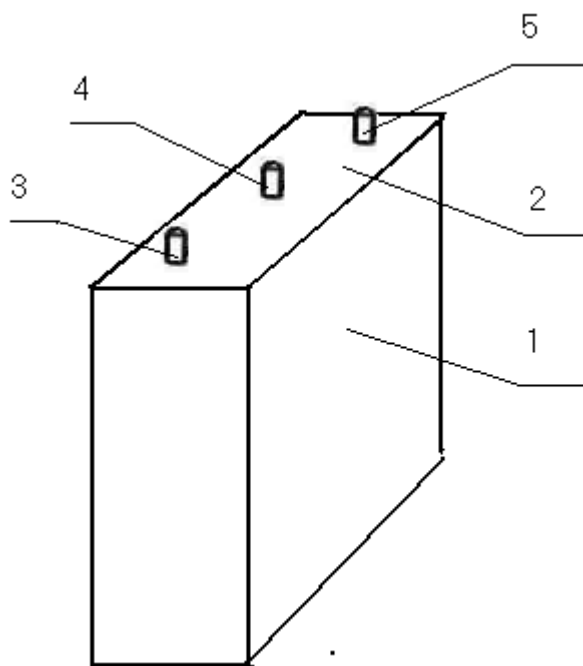


Рис.1.1. Внешний вид аккумулятора

заливку и пропитку его электролитом, формирование электродов, рабочий заряд. Процесс формирования электродов серебряно-цинковых аккумуляторов сложен и занимает

длительное время ~ от 70 до 100 часов, поэтому в последние годы разработаны и выпускаются сухозаряженные аккумуляторы, способные работать непосредственно после заливки электролитом и пропитки им сепарации и электродов;

б) заряд (заряжаются аккумуляторы номинальным током. Для всех серебряно-цинковых аккумуляторов им является ток 10-20 часового заряда).

На рис. 1.3 представлены зарядные характеристика аккумулятора.

Нижняя ступень находится на уровне 1.6-1.7В и соответствует окислению металлического серебра в закись Ag_2O . Верхняя ступень с напряжением 1.9-1.95В соответствует переходу одновалентной окиси серебра в высшей окисел AgO .

После полного окисления серебра напряжение аккумулятора быстро возрастает и достигает величины 2.0 В.

Продолжение заряда аккумулятора не только бесполезно, но и вредно, поскольку при этом происходит только разложение воды, выделяющийся на серебряных электродах кислород окисляет целлофан, уменьшая его механическую прочность.

При увеличении тока заряда химические процессы происходят только на поверхности электродов, что приводит к уменьшению емкости аккумулятора.

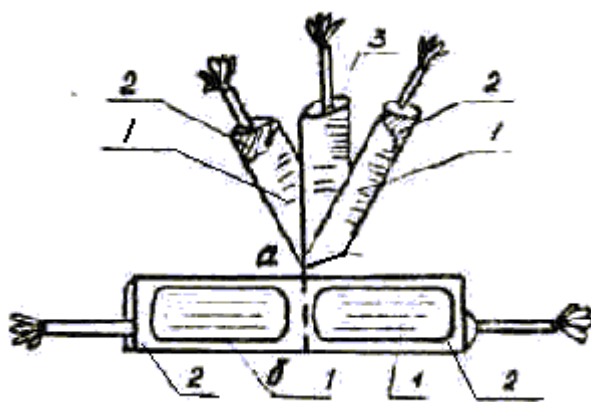
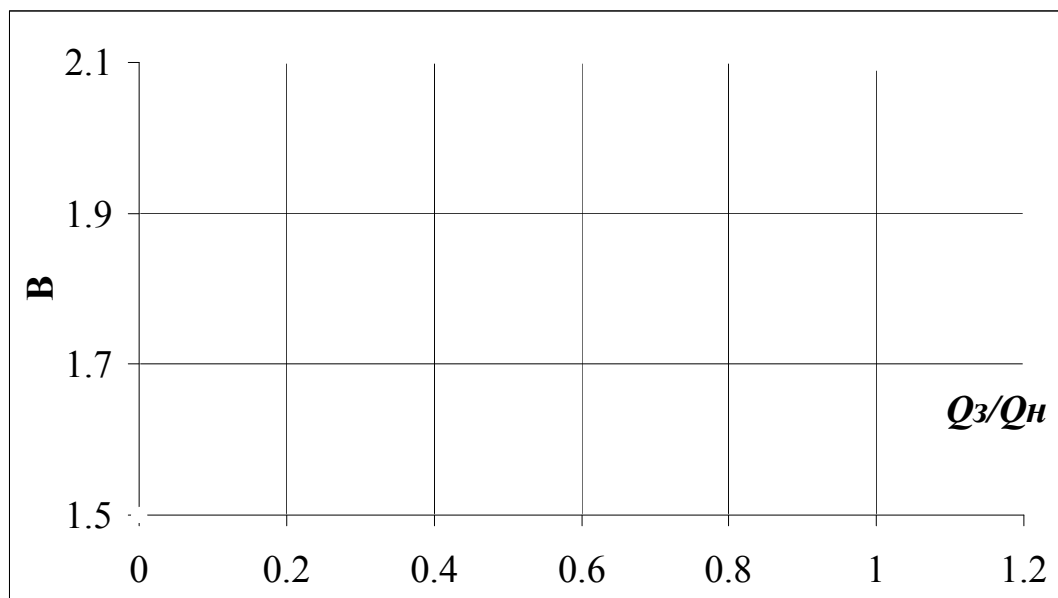


Рис.1.2. Сборка электродов в аккумуляторный блок: 1-отрицательный электроды, 2-целлофан,

3- положительная пластина.

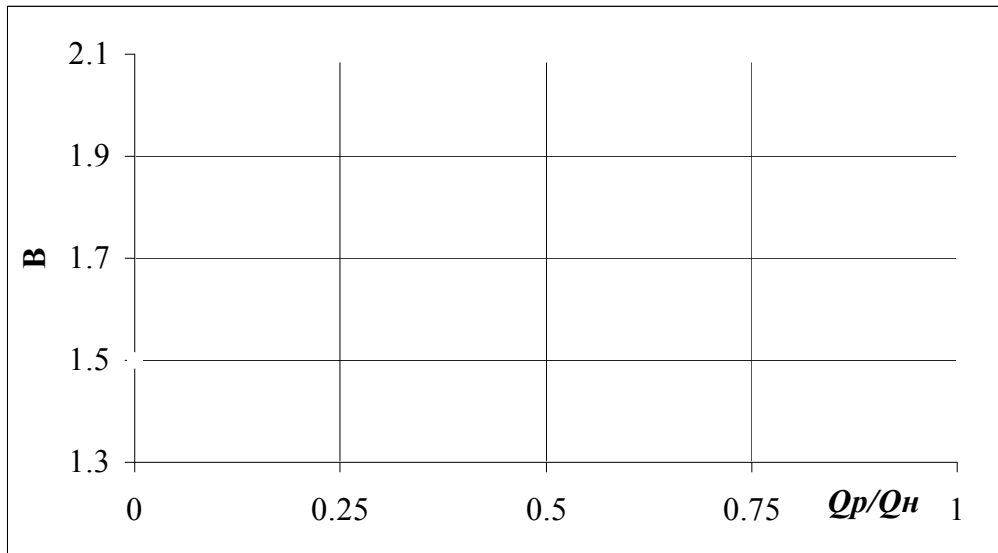
в) разряд (разрядные кривые представлены на рис. 1.4.).

По оси аргументов использована относительная координата: отношение отдаваемой емкости Q_p к емкости разряда при номинальном разрядном токе Q_n

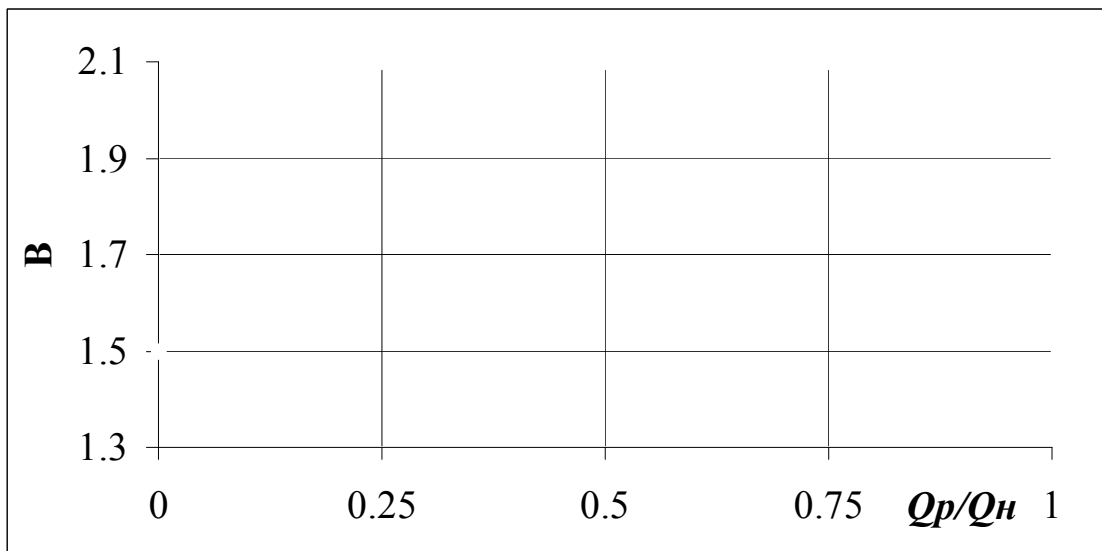


Р и с. 1.3. Зарядные характеристики при различных токах заряда

Разрядная кривая серебряно-цинковых аккумуляторов при небольших разрядных токах характеризуется четко выраженными двумя участками: первый с напряжением 1.9-1,54В составляет (при $I_p=I_n$) примерно 25-30% от общей разрядной емкости, второй - довольно "ровный" горизонтальный участок, на котором уровень напряжения зависит только от плотности тока разряда. Отдаваемая емкость (при I_p , равном I_n) составляет около 84%.



Р и с. 1.4. Разрядные характеристики при различных токах разряда



Р и с. 1.5. Разрядные характеристики при различных температурах

С ростом разрядного тока величина напряжения на клеммах аккумулятора падает,

уменьшается также отдаваемая емкость (рис.1.4);

г) работа на холоде. На рис. 1.5 приведены разрядные кривые серебряно-цинковых аккумуляторов при различных температурах, все кривые получены при 10-часовом режиме разряда.

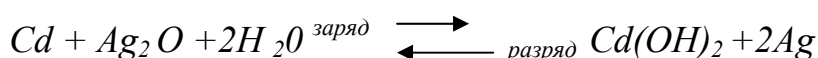
Понижение температуры от +20 до 0° С мало влияет на форму разрядной кривой и величину отдаваемой емкости, при температуре -10°С аккумулятор

отдает примерно 50%. Дальнейшее понижение температуры ведет к более резкому падению емкости.

Другие виды химических источников тока.

1. Серебряно-кадмиевые аккумуляторы

Токообразующая реакция в серебряно-кадмиевом (СК) аккумуляторе может быть представлена следующими уравнениями:



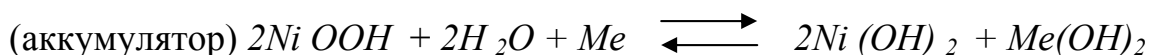
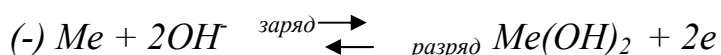
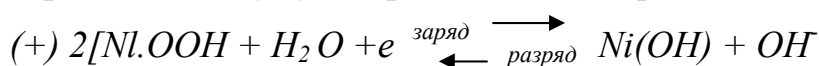
В качестве электролита применяется водный раствор едкого кали плотности 1,4 г/см. Напряжение заряда и разряда в СК примерно ниже на 0,3 В, чем у СЦ аккумуляторов.

Основное преимущество СК - отсутствие саморазряда и лучшие эксплуатационные характеристики.

Ресурс их несколько больше, чем у СЦ. Удельная энергия СК составляет около 70 Вт-ч/кг. В остальном СК аккумуляторы по своим характеристикам аналогичны СЦ.

2. Никель-кадмиевые и никель-железные аккумуляторы

Щелочные никель-кадмиевые (НК) и никель-железные (НЖ) аккумуляторы имеют много общего в конструкции и характеристиках. Хотя в этих аккумуляторах проходят сложные процессы, основные токообразующие реакции на электродах и в аккумуляторе в целом изображаются в следующем виде:



где Me - кадмий или железо.

НК и НЖ. - аккумуляторы имеют следующие характеристики:

удельная энергия - 20-35 Вт- ч/кг;

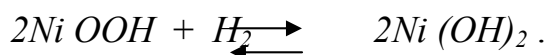
ресурс до 4000 зарядно-разрядных циклов;
срок службы - до 25 лет;
диапазон рабочих температур - -40 - + 40 °С.

3. Никель-водородные аккумуляторы

Никель-водородные аккумуляторы предложены в СССР в 1964 году, в настоящее время они усиленно разрабатываются.

В никель-водородных аккумуляторах используется положительный электрод от никель-кадмиевых аккумуляторов, отрицательным электродом служат водородный электрод на основе платинового или другого катализатора.

Токообразующая реакция в аккумуляторе имеет вид



При заряде выделяется водород, который накапливается под давлением; при разряде водород расходуется и давление его уменьшается.

Никель-водородные аккумуляторы является одним из немногих ХИТ, которые при эксплуатации в составе батарей не боятся перезаряда и персплюсовки.

Характеристики никель-водородных аккумуляторов:

среднее напряжение разряда 1,22-1,26 В, конечное 1,1 В;

конечное напряжение заряда 1,55-1,58 В;

удельная энергия от 40 до 65 Вт·ч/кг;

ресурс составляет более 10 тыс. циклов.

Недостаток - существенный саморазряд: заряженный аккумулятор теряет при комнатной температуре 6-12% емкости в сутки..

Основными преимуществами никель-водородных аккумуляторов являются герметичность, простота и надежность в эксплуатации, большой срок службы при относительно высоких удельных характеристиках.

Лабораторная установка

На лабораторной установке смонтирован элемент аккумулятора малой емкости. Величины зарядного и разрядного токов задается источником тока. На

установке можно осуществлять как заряд, так и разряд (переключатель П2) аккумулятора при различных токах (переключатель тока П1).

Величины тока и напряжения на клеммах аккумулятора регистрируются амперметром А и вольтметром V, время регистрируется по секундомеру.

Порядок проведения работы

1. Включить установку. Измерять начальное напряжение аккумулятора. Переключатель П1 (величина тока) - в положении $I=I_n$.

2. Переключатель П2 ("Заряд-Разряд") поставить в положение "заряд". Через 30 с зарегистрировать величину напряжения на клеммах аккумулятора.

3. Переключатель П2 поставить в положение "Разряд", через-30 с зарегистрировать величину напряжение на клеммах аккумулятора.

4. Задать переключателем П1 величины токов $2I_n$, $10I_n$, повторить указанное в пп. 2 и 3. Данные занести в таблицу.

Оформление отчета

1. Зарисовать конструкцию серебряно-цинкового аккумулятора.

2. Представить таблицу с данными по заряду и разряду аккумулятора.

3. Экспериментальные графики $U=f(t)$ или $Q = f(t)$ нарисовать для заряда и разряда в одной координатной сетке.

4. Схему экспериментальной установки нарисовать с указанием использованных приборов.

5. В заключение представить выводы о проделанной работе, отметив достоинства и недостатки серебряно-цинковых аккумуляторов.

Контрольные вопросы

1. Объясните, почему серебряно-цинковый аккумулятор самый «легкий»?

2. Устройство положительных и отрицательных пластин.

3. Почему корпус аккумулятора делается прозрачным?

4. За счет каких мероприятий уменьшается рост дендритов цинка и увеличивается срок службы аккумулятора?

5. Какие свойства серебряно-цинкового аккумулятора обеспечивают использование аккумулятора на борту космического аппарата?

6. Почему в серебряно-цинковых аккумуляторах используется малое количество электролита?
7. Почему не допускается «перезаряд» аккумулятора и к каким последствиям ведет этот процесс?
8. Объясните ход зарядной характеристики.
9. Объясните ход разрядной характеристики .
10. Почему емкость аккумулятора уменьшается с ростом тока?
11. Почему уменьшается емкость аккумулятора с понижением температуры?

БОРТОВАЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Ц е л ь р а б о т ы: изучить принцип действия, конструкцию и эксплуатационные характеристики тензостанции.

Описание тензометрической станции

1. Назначение

Тензостанция (преобразователь) предназначена для измерения относительной деформации элементов конструкции ЛА в четырех точках при проведении летных испытаний, в качестве датчиков используются тензосопротивления.

2. Основные параметры

2.1. Измеряемые относительные деформации при максимальном коэффициенте усиления - 5×10^{-3} мм.

2.2. Рабочий диапазон частот деформаций - 0 - 700 Гц.

2.5. Ошибка измерений - 1,5%.

2.4. Дрейф нуля: в течение первых 15 мин – 2.0%,
в течение последующих 15 мин – 1.5%..

2.5. Питание: напряжение 27^{+5}_{-4} В, ток - 420 мА.

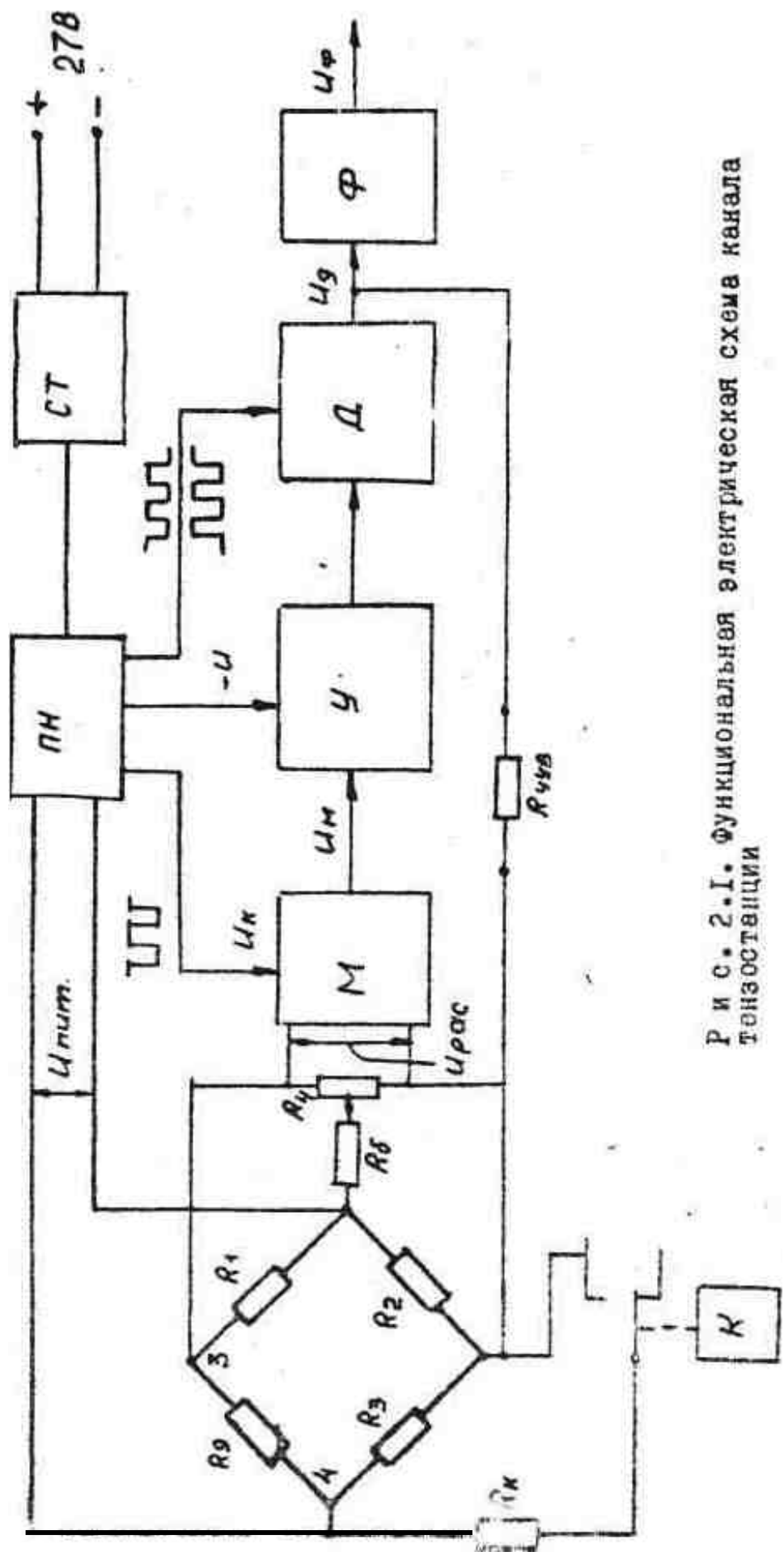
2.6. Масса - 2,2 кг.

2.7. Габариты - 130 x 150 x 115.

2.а. Подвеска - металлоамортизаторы.

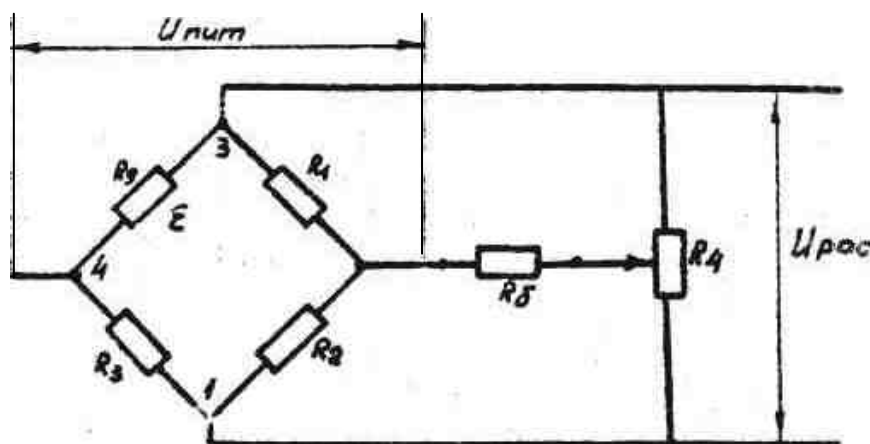
3. Принцип действия

Один канал преобразователя (в дальнейшем для сокращения - преобразователь) включает в себя (рис. 2.1): мостовую схему, (Rд ,R1...R4, Rб и Rк), усилитель преобразователь (М,У,Д,Ф), действующий по принципу модуляции - демодуляции (МДМ), схему калибровки (К) и источник питания (преобразователь ПН и стабилизатор напряжения СТ).



Р и с. 2.1. Функциональная электрическая схема канала тензостанции

3.1. Мостовая схема (рис. 2.2) состоит из тензометрического датчика сопротивления R_d (тензочувствительность $S=2$, сопротивление $R_d = 700 \text{ Ом}$, база 10 мм) и трех постоянных сопротивлений $R_1...R_3$. В тех случаях, когда изменения температуры достаточно большое, одно из сопротивлений (R_1 или R_3) заменяется недеформируемым тензодатчиком (компенсационный датчик).



Ряс. 2.2. Схема включения датчика в мост и балансировка моста

Питание моста осуществляется стабилизированным напряжением 9В от преобразователя напряжения ПН (рис. 2.1). Для балансировки моста ($U_{рас}=0$) используется резистор R_4 , включенный параллельно диагонали 1...3. Диапазон балансировки выбирается в зависимости от величины $R_б$, задаваемой пользователем (в зависимости от величины разброса сопротивлений датчиков). Резисторы R_4 и $R_б$ устанавливаются на кроссплате.

Примечание: Кроссировочной платой называется плата, на которой устанавливаются подстраиваемые при установке изделия резисторы и конденсаторы, переключки, постоянные резисторы и т.д. Кроссплаты имеются у универсальных приборов.

На кроссплате тензостанции кроме указанных резисторов установлены резисторы чувствительности $R_{чув}$ (рис. 2.1) калибровки $R_к$ (для каждого канала).

При деформации изделия, а вместе с ним и тензодатчика, изменяется его сопротивление

$$\Delta R / R_d = S \varepsilon$$

где: S - тензочувствительность датчика $S \approx 2$;

ε - относительная деформация.

Напряжение рассогласования моста может быть определено по формуле

$$U_{рас} = I_{дат} * \Delta R = U_{пит} * \Delta R / 2 * \Delta R = U_{пит} * S \varepsilon / 2,$$

т.е. напряжение рассогласования пропорционально относительной деформации изделия.

3.2. Усилитель-преобразователь построен по принципу МДМ. Это означает, что входной сигнал (постоянный ток) преобразуется в модуляторе М в переменный ток, который усиливается в усилителе переменного тока У и преобразуется снова в постоянный ток в демодуляторе Д. Для уменьшения высокочастотных помех на выходе усилителя включен фильтр Ф.

Такая схема усилителя позволяет значительно уменьшить «дрейф нуля». Дрейфом нуля называют произвольные изменения выходного напряжения при неизменном входном.

Напряжение рассогласования моста $U_{рас}$ подается на модулятор М (рис .2.1). Кроме этого от преобразователя напряжений ПН на модулятор подается напряжение коммутации U_k представляющее собой прямоугольные колебания с частотой 5500 Гц. В результате на выходе М получаются колебания U_m с амплитудой пропорциональной $U_{рас}$.

В усилителе У напряжение увеличивается с нескольких милливольт до нескольких вольт (рис. 2.5. диаграмма U_y).

На демодулятор Д подается напряжение с выхода усилителя U_y и от преобразователя, пропорциональное входному $U_{рас}$. Фильтр Ф уменьшает помехи и сглаживает пульсации.

Тензостанция имеет несколько пределов чувствительности. Изменение чувствительности тензостанции осуществляется путем изменения коэффициента

усиления усилителя, изменением глубины обратной связи. Это достигается сменой резисторов чувствительности $R_{\text{чув}}$ (на кроссплате).

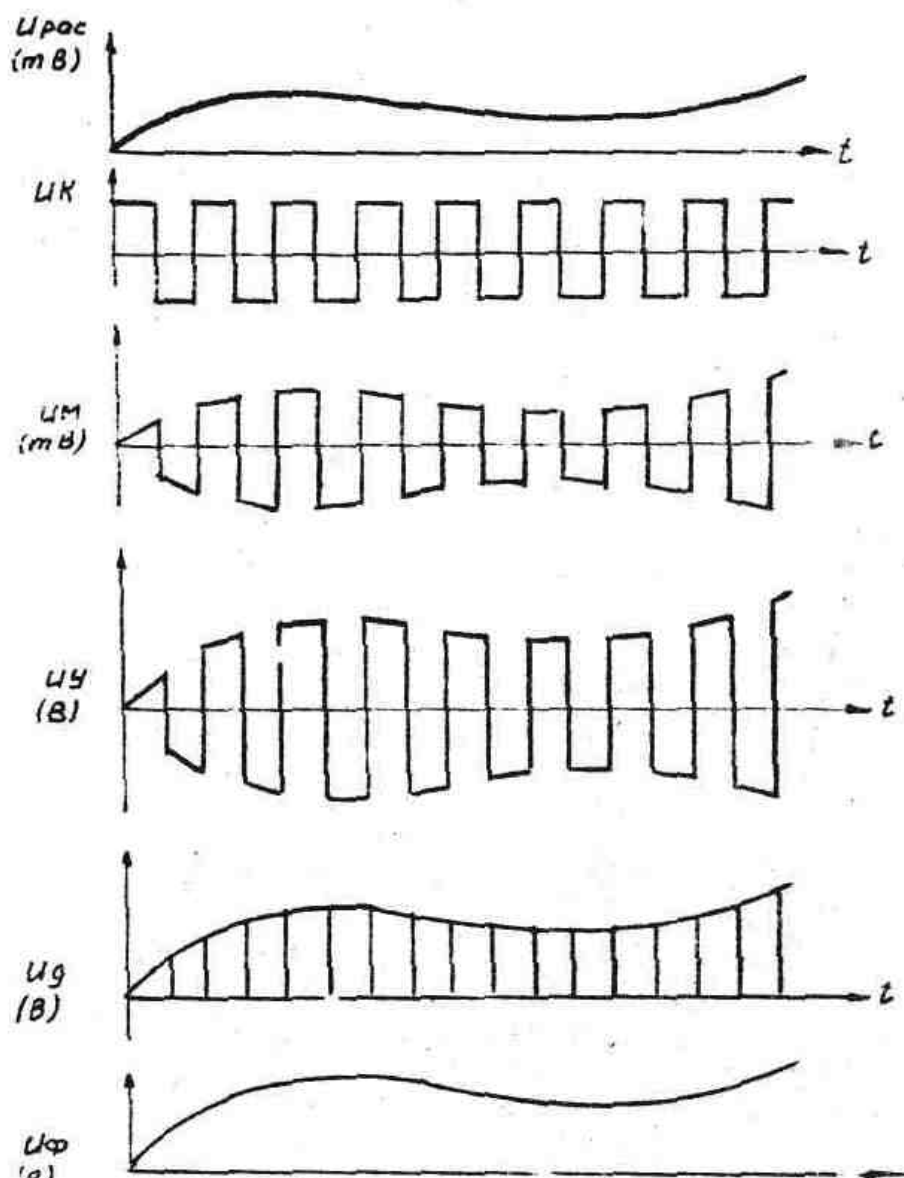


Рис.2.3. Временные диаграммы напряжений при прохождении сигнала в тензостанции.

Поскольку снимаемое со станции напряжение может поступать потребителю через РТС, где возможно изменение величины сигнала, то для устранения ошибок при расшифровке, тензостанция вырабатывает сигналы, величина которых заранее известна. Это достигается подключением к плечу моста

R3 (рис .2.1) - калибровочного сопротивления R_k . Величина калибровочного сопротивления выбирается такой, чтобы обеспечить величину выходного сигнала 20, 40, 60, 80, 100% от 6 вольт. Калибровочный резистор R_k устанавливается на кроссплате.

Включение калибровки может осуществляться постоянно (на кроссплате). В этом случае устройство калибровки включается через 9 с на время 1с. Иногда калибровку делают однократно, путей подачи команды через разъем "Выход".

4. Конструкция

Тензостанция смонтирована во фрезерованном корпусе, способного выдержать перегрузки в нескольких сот г.

Установка ЛХ на изделии производится с помощью четырех винтов.

Электрические элементы схемы объединены в модули, которые после монтажа заливаются эпоксидной смолой и демпфируются с помощью тефлона.

Фильтры тензостанции сменные и присоединяются (подобно кроссировочной плате) с помощью разъемов.

Питание мостов и входы усилителей подключаются через разъем "Входы", а бортовое питание, калибровка, выходы - через разъем "Выходы".

5. Лабораторная установка

Лабораторная установка включает в себя тензостанцию ЛХ-5556, мостовую схему, переключатель мостовой схемы и выходов П и цифровой вольтметр ВК7-8..

С помощью переключателя П мостовая схема подключается к одному из каналов тензостанции, одновременно к выходу этого канала подключается вольтметр.

Калибровочный сигнал включается тумблером ВК.

6. Порядок выполнения работы

1. Включить питание цифрового вольтметра, дать ему прогреться в течение 3-5 минут. Установить пределы измерения вольтметра (10 В).

2. Включить один из каналов тензостанции.

3. Включить питание тензостанции. Через 2 минуты измерить напряжение на выходе I канала. Произвести измерения на выходе II, III и IV каналов.

4. Повторить измерения через 5 минуты до 17 минут. Результаты измерений занести в таблицу.

5. Включить разбаланс моста. Измерить выходное напряжение на выходе 1-1У каналов.

6. Включить калибровку и измерить величину выходного напряжения.

7. Выключить питание тензостанции и вольтметра.

7. Отчет

1. Функциональная электрическая схема .

2. Таблица дрейфа нуля усилителя.

3. График дрейфа нуля во времени для всех каналов.

4. Определить необходимое время прогрева тензостанции при условии, что ошибка дрейфа нуля не превышает величины, заданной преподавателем.

5. Определить величину калибровочного сигнала по величине калибровочного сопротивления.

6. Определить относительную деформацию по величине сопротивления чувствительности.

7. Сделать вывод о проделанной работе.

8. Вопросы для защиты

1. Что называется тензостанцией, тензопреобразователем?

2. Как производная балансировка мостовой схемы?

5. Как измерить дрейф нуля тензостанции?

4. Как изменить чувствительность тензоусилителя?

5. Назначение блоков тензостанции.

6. Что произойдет, если увеличить (уменьшить) сопротивление чувствительности $R_{чув}$?

7. Что произойдет, если увеличить (уменьшить) сопротивление калибровки R_k ?

8. Что произойдет, если увеличить (уменьшить) сопротивление балансировки R_Б?

9. Назначение тензостанции.

10. Назначение фильтров.

Лабораторная работа № 3

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ц е л ь р а б о т ы: получить основные сведения о системах электроснабжения ЛА, ее структуре, классификации источников электроэнергии; ознакомиться с типами, применением и характеристиками защитной аппаратуры, изучить конструкцию и экспериментальное исследование характеристик теплового автомата защиты сети.

Общие сведения о системах электроснабжения ЛА

Электрооборудование современного ЛА можно рассматривать как сложный электротехнический комплекс, состоящий из систем генерирования и распределения потребителей энергии.

Система генерирования электрической энергии, как правило, разделена на несколько независимых каналов, каждый из которых включает: привод генератора, генератор, регулирующую, защитную и управляющую аппаратуру и участок сети от генератора до центрального распределительного устройства (ЦРУ). Системой распределения электрической энергии называется совокупность устройств, используемых при передаче электрической энергии от ЦРУ к распределительным устройствам (РУ) и от них к потребителям.

Система генерирования электрической энергии в первую очередь характеризуется установленной мощностью, т.е. мощностью всех лоточников электрической энергии на борту.

Бортовые системы электроснабжения ЛА разделяют на первичные, вторичные и резервные (аварийные). Система электроснабжения называется первичной, если источники преобразуют любой (отличный от электрического) вид энергии в электрическую (например, химическую в электрическую - в аккумуляторе); вторичной, если электрическая энергия в ней получается преобразованием электрической энергии первичной системы. Резервной (аварийной) системой электроснабжения называется такая, в которой электрическая

энергия получается от резервных источников: аккумуляторных батареи, генераторов с приводом от вспомогательной силовой установки и т.п.

Системы электроснабжения разделяют на следующие виды: постоянного тока, переменного трехфазного тока постоянной частоты, переменного однофазного тока постоянной частоты. Выбор той или иной системы обусловлен многими факторами: назначением ЛА, требованиями к качеству электрической энергии, требованиями по надежности, удобством эксплуатации, технико-экономическими показателями и др.

Упрощенная схема бортовой системы электроснабжения представлена на рис. 3.1.

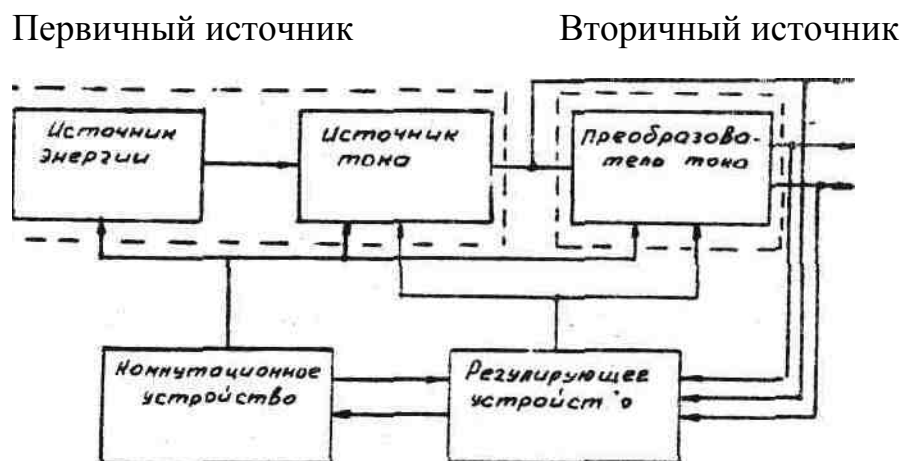
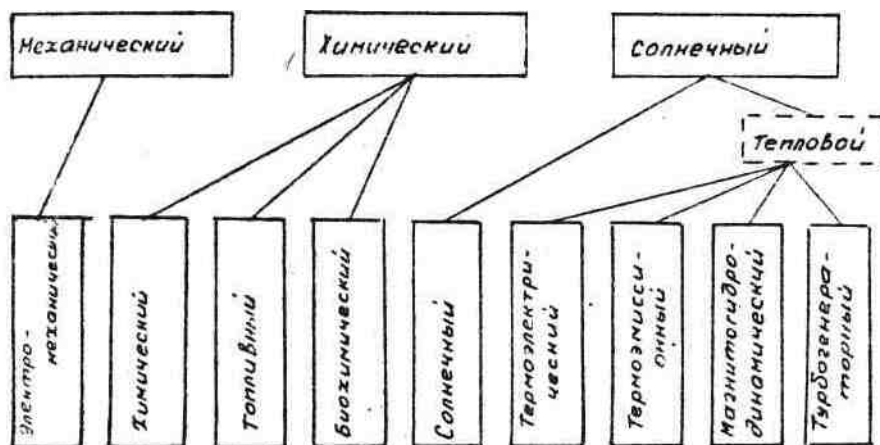


Рис. 3.1. Состав системы электроснабжения летательного аппарата

В состав системы должен входить источник энергии (механической, химической и т.п.), которая в источнике тока преобразуется в электрическую. Требуемые для бортового оборудования виды тока и величины напряжений получаются как от преобразователя, так и непосредственно от источника электрического тока. Регулирующие устройства предназначены для поддержания в заданных пределах напряжений, вырабатываемых источниками тока и преобразователями, а также частоты переменного тока. Коммутационные устройства служат для включения и отключения источников тока и преобразователей как автоматически (в случае перегрузок, аварий), так и по командам с пульта управления ими с земли.

Выбор источников электрического тока зависит от источников энергии, имеющихся на борту летательного аппарата (рис. 3.2).

Источники энергии



Р и с. 3.2. Классификация источников электроэнергии

На самолетах широко применяются электромеханические источники тока (генераторы переменного тока), получающие механическую энергию от двигательных установок. В аварийных ситуациях могут использоваться химические источники тока. На ракетах основным видом энергии для получения электрического тока является химическая, а на космических аппаратах могут использоваться практически все виды энергии.

Защита системы электроснабжения от повышения напряжения

Защита от повышения напряжения должна отключать неисправный генератор от шин центрального распределительного устройства при напряжении в точке регулирования, превышающем заданное значение. Для предотвращения ложного отключения при кратковременных повышениях напряжения, образовавшихся при отключении потребителей большой мощности или отключении сети, в которой возникло короткое замыкание: защита должна иметь выдержку на срабатывание. Чтобы фиксировать чрезмерное повышение или понижение напряжения, достаточно иметь в каждом виде защиты по одному устройству, которое обычно называют блоком защиты потребителей от превышения напряжения. На рис. 3.3 представлена схема такого блока.

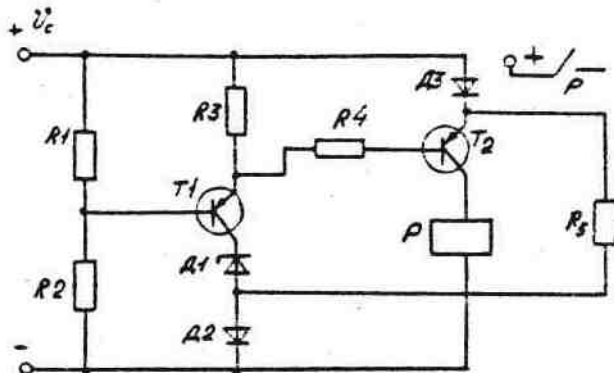


Рис. 3.3. Принципиальная схема блока защиты потребителя от превышения напряжения

Измерительное устройство такого блока состоит из делителя напряжения R_1 и R_2 , двух транзисторов T_1 и T_2 , стабилитрона D_1 , сопротивления R_5 и реле P . Резистор R_4 и диод D_3 необходимы для надежного запираения транзистора T_2 , а резистор R_5 и диод D_2 выполняют функции температурной компенсации.

Параметры схемы подобраны так, что при нормальном сетевом напряжении транзистор T_1 закрыт, стабилитрон D_1 не пробит. При напряжении, равном или превышающем напряжение срабатывания автомата ($U_{ср} = 32\text{В}$), стабилитрон D_1 пробивается, транзисторы T_1 и T_2 открываются и срабатывает реле P , своими замыкающими контактами включающее автомат защиты от перенапряжения. Автомат своими контактами отключает генератор от сети.

Тепловой автомат защиты

Задача защитных устройств - защита первичных источников электропитания и сетевых проводов от перегрузок по току в результате коротких замыканий и утечек через поврежденную изоляцию.

К защитной аппаратуре относятся: плавкие вставки (предохранители), тепловые автоматы защиты, релейные контактные устройства защиты, электронные транзисторные бесконтактные устройства защиты.

Плавкая вставка представляет собой проводник с калиброванным поперечным сечением. Если ток, протекающий по ней, превышает номинальное

значение, на которое она рассчитывается, то вставка нагревается до плавления и разрывает цепь питания защищаемого объекта.

Принцип действия тепловых автоматов защиты основан на изгибе биметаллических термочувствительных элементов при нагревании их протекающим по ним током. Биметаллический элемент состоит из двух наложенных друг на друга и сваренных металлических пластин, имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения. Изгиб термочувствительного элемента вызывает срабатывание механизма, разрывающего контакты, через который питается защищаемый объект.

Релейная контактная защита применяется для защиты участков сети в системах электроснабжения большой мощности. Она основана на дифференциальном принципе - сравнении токов на отдельных участках провода или между проводами - и осуществляется с помощью электромагнитной коммутационной аппаратуры (реле и контактов).

Бесконтактная защитная аппаратура может выполнять функции тепловых автоматов. Для коммутации цепи защищаемого объекта в ней используются силовые транзисторные ключи (транзисторы, работающие в ключевом режиме).

Работа плавких вставок и автоматов защиты основана на максимально-токовом принципе, т.е. аппаратура приходит в действие при повышении тока в защищаемом объекте сверх установленной величины.

1. Характеристики аппаратуры защиты

Всякий максимально-токовый аппарат защиты, в первую очередь характеризуется время-токовой характеристикой, представляющей собой зависимость времени срабатывания от величины протекающего через него тока (рис. 3.4). Чем больше величина тока, тем быстрее срабатывает аппарат (меньше время выдержки при срабатывании). Максимальный ток, который при определенных внешних условиях аппарат выдерживает бесконечно долгое время, называется критическим $I_{кр}$.

Аппараты защиты различаются величиной номинального тока и быстродействием. Критический и номинальный токи в тепловых автоматах защиты связаны соотношением

$$I_{кр} = 1,5 \cdot I_{ном.}$$

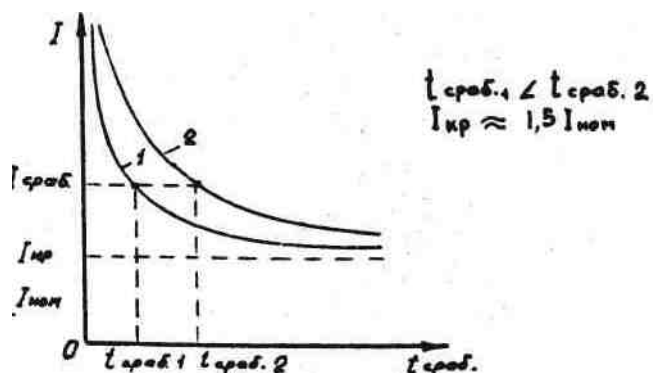


Рис. 3.4. Время-токовая характеристика АЗС

Быстродействие аппарата зависит от его теплоемкости; тепловые автоматы имеют значительную инерционность и выдерживают кратковременные токи, значительно превосходящие критический. Это делает их пригодными для защиты потребителей с большой тепловой инерцией и бросками токов (электродвигатели), защита которых не обеспечивается плавкими вставками с малой инерционностью.

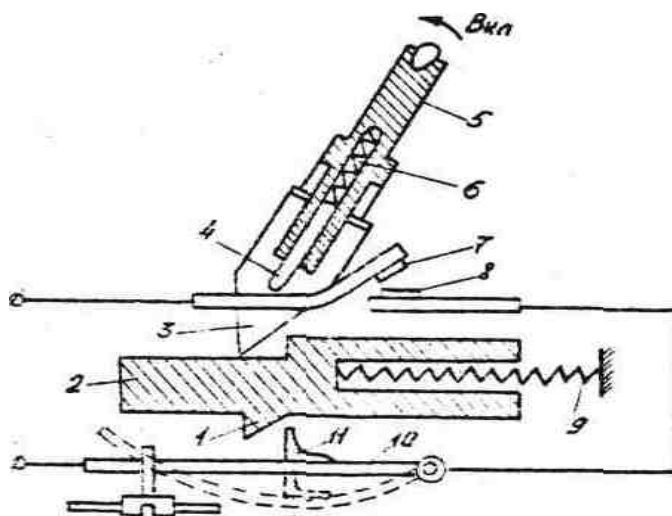
Время-токовые характеристики тепловых, автоматов зависят от температуры. Нагретый автомат 1 (рис. 3.4) срабатывает быстрее, чем холодный автомат 2.

2. Конструкция теплового автомата защиты

Конструктивно тепловые автоматы защиты обычно выполняются в виде выключателя типа тумблера. Таким, образом, контакты вставившего автомата могут быть заткнуты и разомкнуты с помощью рукоятки, как в обычном выключателе, по кинематической схеме автоматы подразделяются на два типа: АЗС (автоматы защиты сети) и АЗР (автомат защиты с расщеплением). В данной работе изучается и исследуется автомат защиты типа АЗС, конструкция которого представлена на рис. 3.5.

В кинематической схеме автомата защиты сети без свободного расщепления автомат включается поворотом рукоятки 5. Пружина 6, помещенная внутри рукоятки, сжимается, а при переходе поршня 4 на правую половину двуплечевого рычага с подвижным контактом 7 под действием пружины 6 контакты 7 и 8 замыкаются. Контакты удерживаются в замкнутом состоянии благодаря тому, что защелку I каретки держит зуб 11 приваренный к биметаллической пластине 10.

Если ток, протекающий по биметаллической пластине, превышает допустимое значение, то нагретая пластина прогибается вниз, освобождая защелку. Под действием пружины 9 каретка переместится влево и переместит рукоятку в положение, соответствующее отключенному состоянию. Контакты 7 и 8 разомкнут цепь. Кинематическая схема автоматов без свободного расщепления позволяет повторно включать его даже при нагретом состоянии пластины.



Р и с. 3. Автомат защиты сети типа АЗС

Автоматы без свободного расщепления рекомендуется использовать в тех случаях, когда нет автоматов защиты со свободным расщеплением с требуемыми характеристиками. В автоматах со свободным расщеплением (типа АЗР) после срабатывания нельзя при помощи рукоятки замкнуть контакты, пока не остынет биметаллическая пластина.

Описание лабораторной установки

Схема установки приведена на рис. 3.6. Она включает реостат R для регулирования тока нагрузки, электросекундомер ЭС для измерения времени срабатывания АЗС, тумблер Q3 для включения цепи питания нагрузки, амперметр РА и две сигнальные лампочки Н1 и Н2.

Электросекундомер состоит из электромагнита и храповика с редуктором, При подаче напряжения в цепь нагрузки электромагнит включается в цепь переменного тока 220В, 50 Гц и начинает вибрировать с частотой 100 Гц, при этом через редуктор осуществляется вращение стрелки на шкале прибора, при срабатывании АЗС электромагнит отключается и стрелка останавливается. Возврат стрелки в нулевое положение осуществляется нажатием рычажка на корпусе прибора.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомится с лабораторным стендом и размещенной на нем регулирующей и контрольной аппаратурой.

2. Получить разрешение руководителя на включение стенда и проведение эксперимента.

3. Включить тумблер Q1 и Q4, и при нажатой кнопке Q3 установить реостатом R ток нагрузки равный 7А.

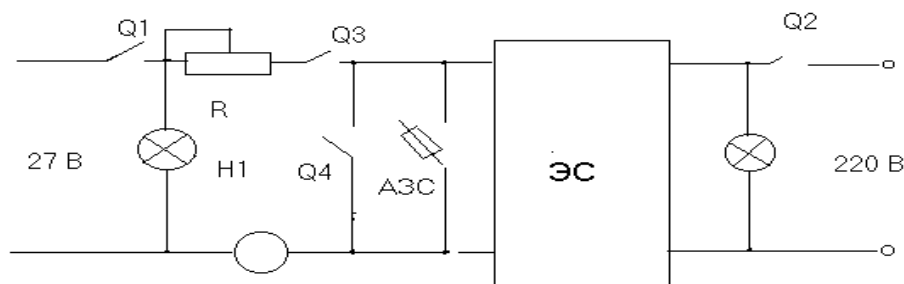


Рис. 5.6. Электрическая схема установки.

4. Выключить Q4 и Q3 и установить электросекундомер на нулевую отметку. Включить Q2.

5. Нажать кнопку Q3 и определить время срабатывания АЗС.
6. Повторить пункты 3...5 при токах нагрузки 8А, 9А, 10А.
7. Результаты испытаний свести в таб. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

И,А	7	8	9	10
$t_{сраб.},C$				

8. Выключить питание стенда тумблерами Q1 и Q2 и представить руководителю результаты для контроля.
9. Оформить отчет по работе и предоставить для подписи преподавателю.

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать: схему лабораторной установки теплового для испытания автомата защиты (рис. 3.6.), устройство АЗС (рис.3.5), таблицу с результатами испытаний (табл. 3.1) и график зависимости $t_{сраб}$ (И).

Контрольные вопросы

1. Что такое электроснабжение ЛА?
2. Какие каналы включает система генерирования электрической энергии?
3. Что такое первичные, вторичные и резервные (аварийные) системы электроснабжения ЛА?
4. Каково назначение преобразователей электрического тока, регулирующих и коммутационных устройств?
5. Каковы источники электрического тока?
6. Чем отличается *автомат защиты* от обычных плавких вставок?
7. От чего зависит быстроедействие автомата защиты? 8
8. В чем отличие автомата защиты серии АЗС от АЗР?
9. Каков принцип измерения времени срабатывания автомата защиты?
10. Как влияет температура на время-токовую характеристику защиты?

Библиографический список

1. Куландин А.А. и др. Энергетические системы космических аппаратов. - М: Машиностроение, 1979.
2. Синдеев И.М. Электроснабжение летательных аппаратов. -М.: Транспорт, 1962.
5. Беляев Б.В. и др. Лабораторные работы по курсу "Электрооборудование летательных аппаратов". - М.: МАИ, 1965.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПОРОЖНЕНИЯ БАКОВ

Цель работы: изучить принцип действия системы опорожнения баков /СОБ/; принципиальную схему системы и конструкцию расходомеров топлива, ознакомиться с лабораторной установкой для исследования комплекта системы опорожнения баков.

Принцип действия, структурная схема системы и ее блочный состав

Система опорожнения баков предназначена обеспечить заданное соотношение компонентов топлива и одновременное опорожнение баков к моменту окончания работы двигателей летательного аппарата.

Систему можно рассматривать как регулятор соотношения мгновенных объемных расходов компонентов (K_v), который поддерживается в определенном допустимом интервале. Если на некотором участке работы изделия происходит накопление одного из компонентов, то регулятор соотношения перестраивается на новое значение поддерживаемого K_v , при котором накопленное по уровням рассогласование снимается. Такая система обеспечивает в конечном счете одновременное опорожнение баков при ограниченных допустимых отклонениях K_v .

Принципиальная схема системы опорожнения баков приведена на рис. 4.1. Чувствительными элементами системы являются датчики мгновенных объемных расходов и датчики уровней. Измерение мгновенных объемных расходов производится датчиками расхода непрерывно. Контроль за опорожением компонентов осуществляется датчиками уровня дискретно. Сигналы датчиков уровня подвергаются предварительному преобразованию специальным усилительно - преобразовательным устройством УП-1, где происходит формирование так называемой "временной команды рассогласования", которая поступает в счетно – решающее устройство УП –2 для усиления и преобразования сигналов датчиков (мгновенных расходов и датчиков уровней) в командные сигналы, управляющие исполнительным механизмом (привод дросселя), который перемещает заслонку дросселя. Датчики мгновенных расходов представляют собой участок трубопровода с чувствительным элементом - винтовой вертушкой, ось которой совпадает с направлением движения потока. Поток приводит во вращение вертушку, угловая скорость которой пропорциональна скорости движения жидкости в трубопроводе. Обороты вертушки посредством магнитоиндукционной системы преобразуются в электрический сигнал, частота которого пропорциональна измеряемому расходу. Номинальные расходы компонентов соответствуют частотам $f_{0 \text{ ном}} = 860$ Гц, $f_{г \text{ ном}} = 700$ Гц. Сигналы датчиков мгновенных расходов подаются на вход усилителя-преобразователя УП-2, где смешиваются во входном каскаде. Полученный в результате сигнал с разностной частотой усиливается и преобразовывается. На выходе усилителя включены командные реле, управляющие работой привода дросселя. При

увеличении расхода окислителя (а следовательно, f_0 и разности $f_0 - f_1$) подается команда на закрытие дросселя, который находится в магистрали окислителя (см. рис. 4.1). При уменьшении расхода окислителя (или увеличении расхода горючего) разностная частота уменьшается и подается команда на открытие дросселя.

Исполнительный механизм (ПД) имеет двигатель постоянного тока, вращающийся с постоянной скоростью. Выходной вал привода соединяется с валом двигателя через дифференциал с помощью электромагнитных муфт РМ1 (закрытие) и РМ2 (открытие). Тормозная муфта служит для торможения вала при отсутствии команд. Так работает канал регулирования соотношения объемных расходов.

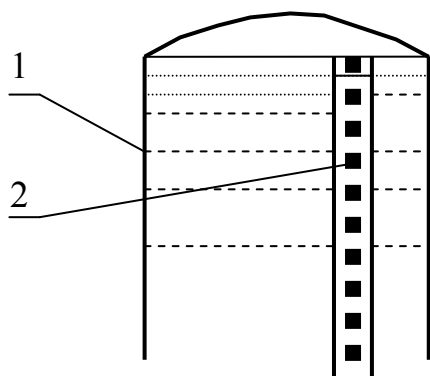
Положение уровней окислителя и горючего дискретно контролируется емкостными датчиками уровня, которые представляют собой систему конденсаторов, расположенных в специальной трубе на определенных расстояниях по высоте бака. Общее количество точек, в которых помещены конденсаторы, зависит от объема баков и возмущений в процессе полета. Конденсаторы (датчики уровня) объединены в две электрически независимые группы по принципу: четные номера в одной группе, а нечетные - в другой группе, согласно рис. 4.2. Это деление принято для дублирования работы уровнемерного канала. Каждая группа датчиков представляет собой два плеча емкостного моста, включенных согласно рис. 4.3. Одно плечо находится в баке окислителя (C_0), другое - в баке горючего (C_1). Два оставшихся плеча находятся в приборе УП - 1.

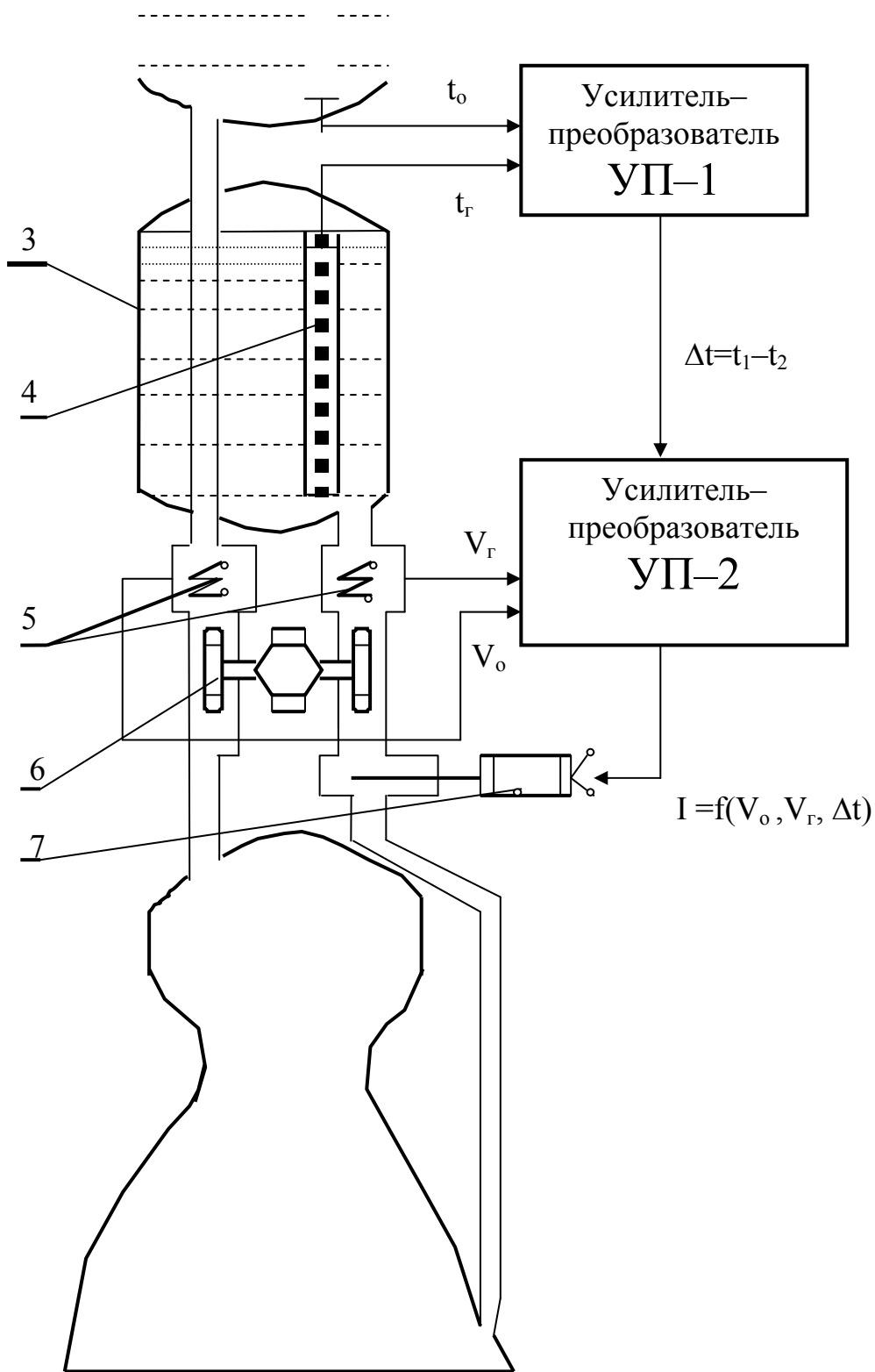
С уменьшением уровня топлива в баках конденсаторы постепенно оказываются в газовой смеси, в результате чего уменьшается их емкость. Уменьшение емкости вычисляется по формуле

$\Delta C = C_{сух}(\varepsilon - 1)$, где $C_{сух}$ - емкость "сухого" датчика; ε - диэлектрическая постоянная компонента.

Датчики - конденсаторы выполнены в виде пластин из бронзы. Пластины имеют строго определенные геометрические формы, располагаются в пакете на определенных расстояниях друг от друга и соединяются между собой в две группы четырьмя латунными стержнями пайкой. Весь пакет со стержнями закрепляется в двух колодках из пресс-материала. Для увеличения жесткости концы пластин каждой группы соединяются бронзовой проволокой и пайкой.

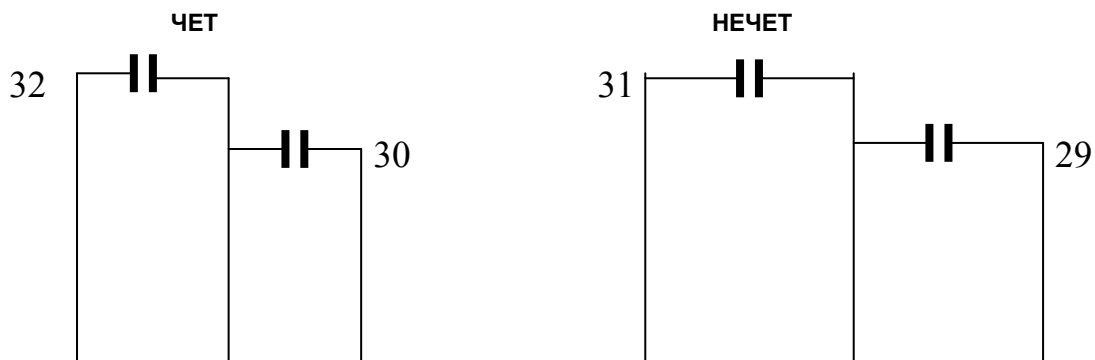
После сборки и пайки конденсаторы покрываются винифлексом лаком. Труба датчиков изготовлена из анодированного дюралюминия. В местах, определяемых положением датчика, фрезеруются пазы, через которые





1 – бак окислителя; 2 – датчик уровня; 3 – бак горючего; 4 – датчик уровня;
 5 – датчик мгновенных расходов; 6 – ТНА; 7 – привод дросселя

Рис.4.1. Принципиальная схема СОБ



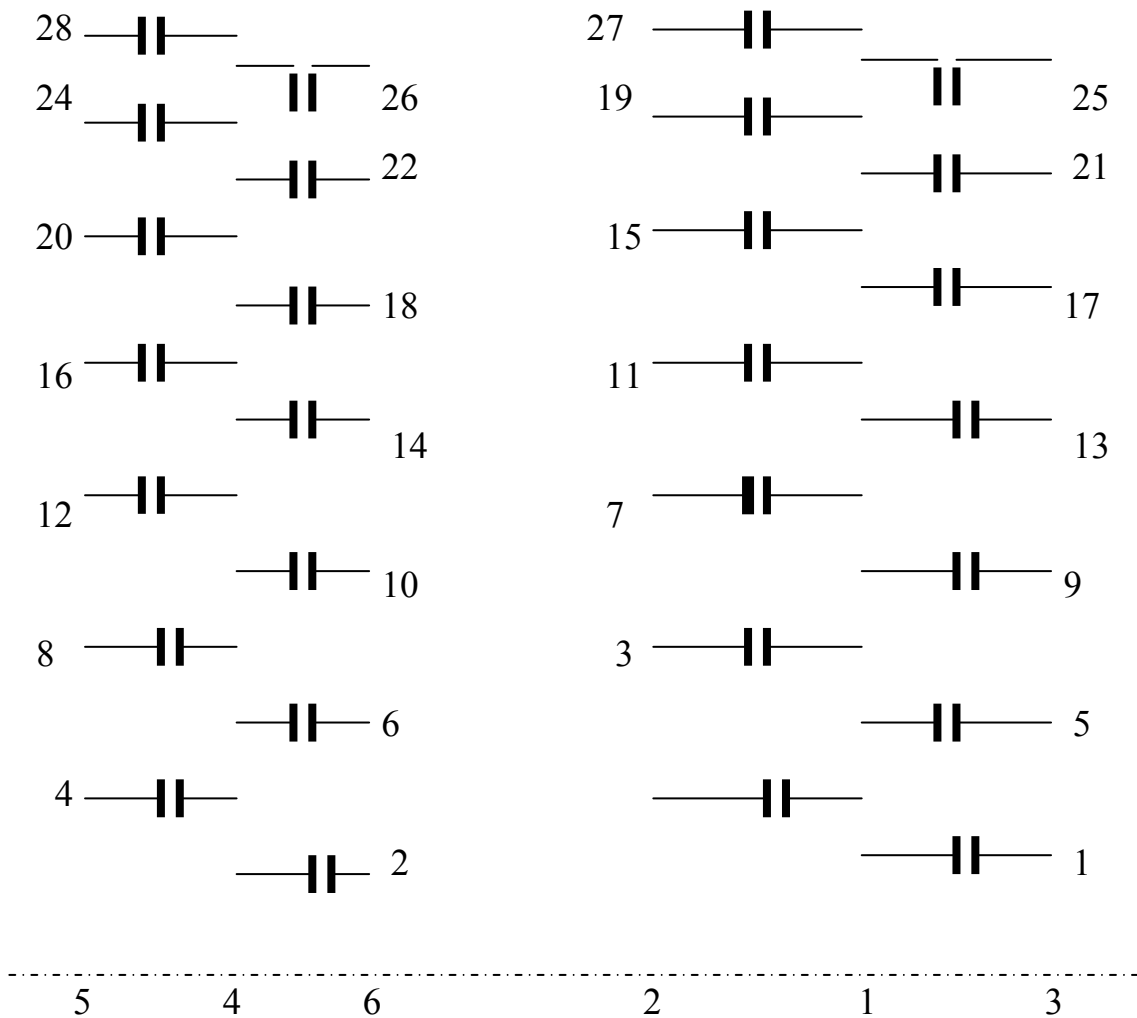


Рис. 4.2. Схема датчика уровня

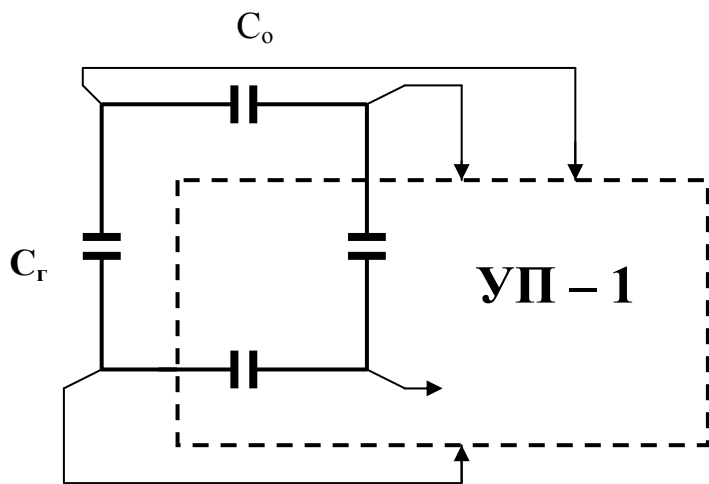


Рис . 4.3. Схема включения уровнемерных датчиков

конденсаторы вставляются внутрь трубы. Снаружи трубы у каждого датчика распаиваются проводники - выводы конденсаторов и соединительные провода.

В нижней части трубы имеется фланец для крепления к нижнему днищу бака и патрубки успокоительной системы. Соединение датчиков в общую

схему производится проводом, который ведется по наружной поверхности трубы и закрывается по всей длине датчика крышкой. Концы кабелей с датчика выводятся наружу через гермовывод.

При уменьшении емкости датчика возникает либо разбаланс емкостного моста, либо его баланс. Каждый скачок емкости фиксируется прибором УП-1 как электрический сигнал, который усиливается и преобразовывается. В приборе, как и в датчике, имеются два одинаковых канала: четный и нечетный. Выходные реле прибора комбинацией своих контактов формируют сигнал временного рассогласования уровней Δt_{oz} или Δt_{zz} , который соответствует разности уровней окислителя и горючего в момент прохождения одноименных "точек" датчиков уровня. В случае более интенсивного расхода одного из компонентов топлива (горючего или окислителя) произойдет разбаланс емкостного моста и в приборе УП-1 сформируется сигнал рассогласования Δt . Этот сигнал поступает в блок коррекции прибора УП-2, который вносит пропорционально времени рассогласования Δt определенную по величине и знаку коррекцию в настройку регулятора соотношения расходов. Сигнал с блока коррекции поступает в суммирующий блок, в котором складывается с сигналом расходомерного канала. Результирующая команда поступает на привод дросселя.

Назначение основных блоков

Прибор УП -1

1. Канал Гнеч (О неч, Г чет, О чет) - предназначен для преобразования входного сигнала с ЭДУ (О неч, Г неч, О чет, Г чет), т.е. изменение емкости в напряжение переменного тока.

2. Канал формирования команд ОГ, ГО служит для усиления сигналов переменного тока горючего (окислителя) и преобразования его в сигнал релейного вида.

3. Блок защиты канала служит для отключения канала чет (нечет) при превышении сигнала рассогласования уровней более 3,5 - 6,5 с.

Прибор УП - 2

1. Блок коррекции предназначен для преобразования релейных сигналов с прибора УП – 1 в напряжение постоянного тока, хранящегося на контурах RC.

2. Частотный блок предназначен для усиления ЭДР-0 (ЭДР-Г).

3. Суммирующий блок предназначен для сложения сигналов уровнемерного канала (с ЭДУ) и расходомерного канала (с ЭДР).

4. Блок формирования команды "открытие" и "закрытие" предназначен для выдачи соответствующей команды: "откр" или "закр", полученной в суммирующем блоке.

5. Блок защиты прибора УП - 2, также как и прибора УП - 1, построен по принципу поканального дублирования. Но в отличие от прибора УП – 1, здесь работает только один канал (основной). В случае его отказа блок защиты отключает основной канал и включает дежурный. Определение исправности каждого блока прибора определяется схемой опроса через каждые 8 с. Схема опроса входит также в блок защиты. В случае отказа и дежурного канала блок защиты отключает его и выдает команду "ФД" (фиксированный дроссель) - привод ПД устанавливает дроссель в фиксированное (настроечное) положение.

6. Блок баланса усилителя служит для установки рабочей точке усилителя частотного блока на середине линейной характеристики перед началом работы системы.

Привод дросселя

1. Рабочая муфта закрытия (открытая) передает вращение электродвигателя через редуктор на дроссель в сторону его закрытия (открытия).

2. Тормозная муфта - не позволяет выходному валу привода повернуться без команд "откр" и "закр".

3. Узел приведения в исходное положение - предназначен для установки привода (и дросселя) в исходное (настроечное) положение при отсутствии команд "пуск", "закр" или "откр" и в случае срабатывания защиты прибора УП - 2.

Технические характеристики системы

Диапазон регулирования соотношения

расходов - $K_v = \pm 7\% \text{ от } K_{v \text{ ном}}$.

Эффективность коррекции - 5% от K_v

Номинальные частоты датчиков

объемных расходов - $f_0 = 860 \text{ Гц}$, $f_r = 700 \text{ Гц}$.

Время переключки привода дросселя - 7,5 ... 12 с.

Конечное рассогласование уровней - $\leq 0,3 \text{ с}$.

Питание системы:

- от сети постоянного тока - 27 В;

- от сети переменного тока - 40 В с частотой 1000 Гц.

Лабораторный стенд для исследования системы опорожнения баков

I. Описание стенда

Лабораторный стенд представляет собой совокупность аппаратуры, позволяющей имитировать работу приборов систем СОБ.

На рис. 4.4. приведена структурная схема стенда СОБ, а на рис. 4.5 его схема соединения.

Как и в штатной аппаратуре, здесь имеются два канала регулирования: уровнемерный и расходомерный. В качестве датчиков уровня системы используется их электрические эквиваленты (ЭДУ - О, ЭДУ - Г), представлявшие собой соединение "полумостом" электрических конденсаторов, емкость которых равна суммарной емкости плеч дискретных датчиков уровня.

В качестве эквивалентов датчиков расхода (ЭДР - О, ЭДР-Г) используются промышленные генераторы частоты, позволяющие выдавать сигналы, равные сигналам датчиков расхода в номинальном режиме работы изделия. Сигналы с ЭДГ-О, ЭДР-Г поступают в прибор УП – 2, в котором происходит их усиление и формирование для суммирующего каскада. В суммирующем каскаде этого прибора происходит сложение сигналов от ЭДУ и ЭДР. Результирующая команда поступает на привод ПД, отрабатывающий возникшее возмущение.

2. Пульт контроля СОБ

Пульт контроля представляет собой прибор, коммутирующий питание от источников 30 В, 40 В, 1000 Гц, 220 В к приборам стенда, а также позволяющий подавать необходимые сигналы управления и получать сигналы их исполнения.

В пульте имеются также эквиваленты датчиков уровня.

3. Назначение элементов, расположенных на лицевой панели пульта

Тумблеры

"40 В 1000 Гц" - включает питание от источника (ПТ-200) на приборы УП-1 и УП - 2.

"30 В" - включает питание 30 В на шины пульта и прибора УП - 1 и УП-2, мотор привода дросселя (ПД).

" 220В " - включает напряжение 220В на секундомер пульта.

"Вкл. Настр" - подает напряжение 30 В на тумблеры "Откр", "Закр".

" Откр « - подает напряжение 30 В на узел прибора УП-2, смещающий баланс усилителя в сторону открытия.

“Закр " - позволяет смещать баланс усилителя прибора в сторону закрытия.

" КВ ^В - дает разрешение на включение команды "ПУСК".

" ПУСК " - включает схемы приборов УП - I, УП - 2.

"ПФ неч Г" - разбаланс нечетного канала ЭДУ Г.

"ЗФ неч Г" - баланс нечетного канала ЭДУ Г.

"ПФ чет Г" - разбаланс четного канала ЭДУ Г.

"ЗФ чет Г" - баланс четного канала ЭДУ Г.

"ПФ неч О" - разбаланс нечетного канала ЭДУ О.

"ЗФ неч О" - баланс нечетного канала ЭДУ О.

"ПФ чет О" - разбаланс четного канала ЭДУ О.

«ЗФ чет О" - баланс четного канала ЭДУ О.

" чет О " - включает сигнал разбаланса четного уровнемерного канала "О" прибора УП-1 в прибор УП – 2.

" неч О " - подает сигнал разбаланса нечетного канала "О" прибора УП – 1 в прибор УП-2 и

" чет Г " - подает сигнал разбаланса четного канала "Г" прибора УП-1 в прибор УП-2.

" неч Г "- подает сигнал разбаланса канала "Г" прибора УП-1 в прибор УП - 2.

Примечание. Последние четыре тумблера в работе по инструкции не используются. В схему пульта они введены для автономной проверки приборов в случае неисправности.

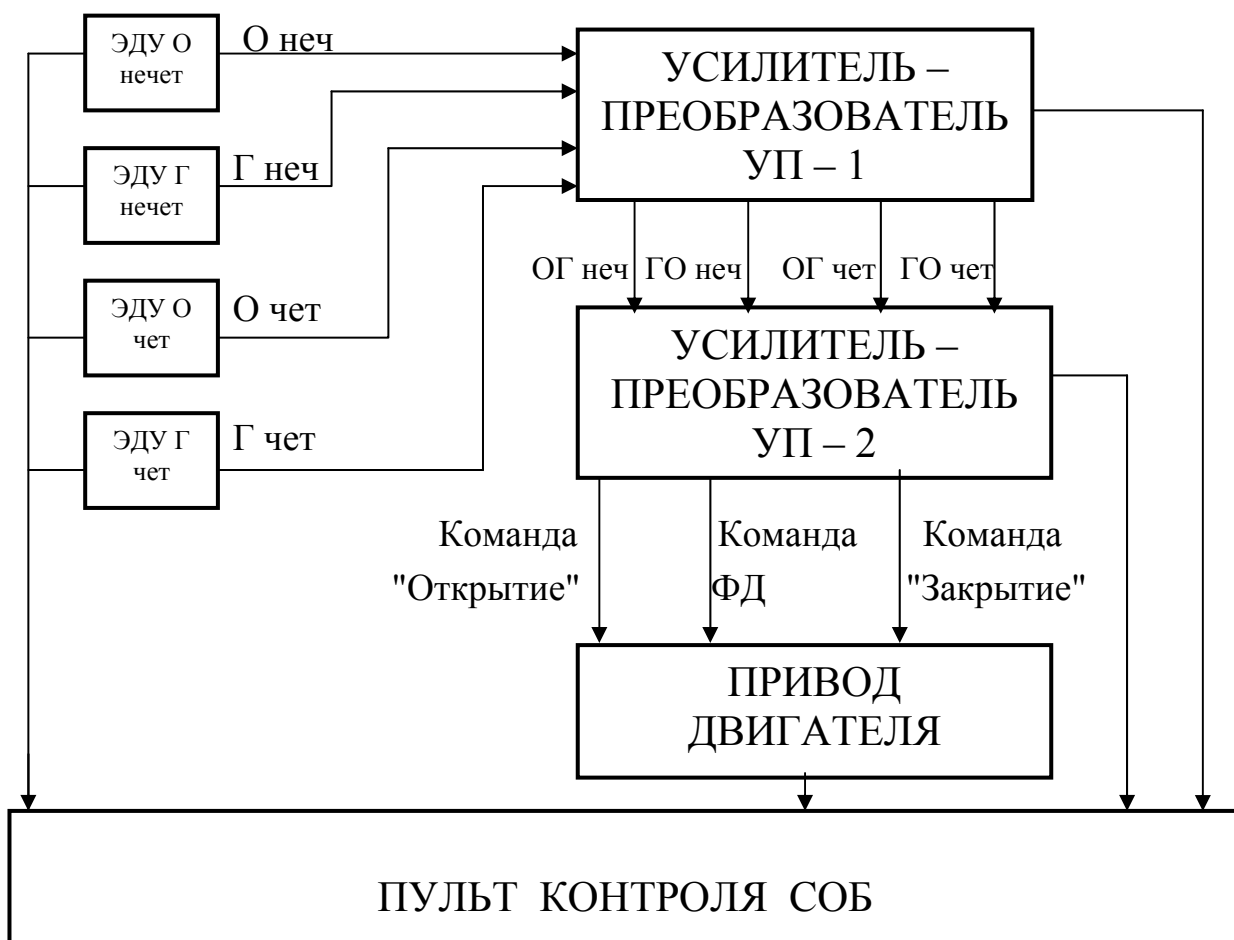
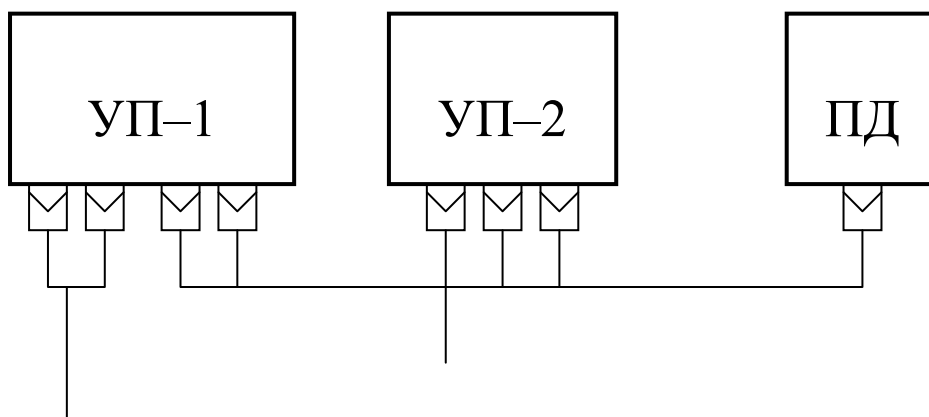


Рис.4.4. Структурная схема стенда СОБ



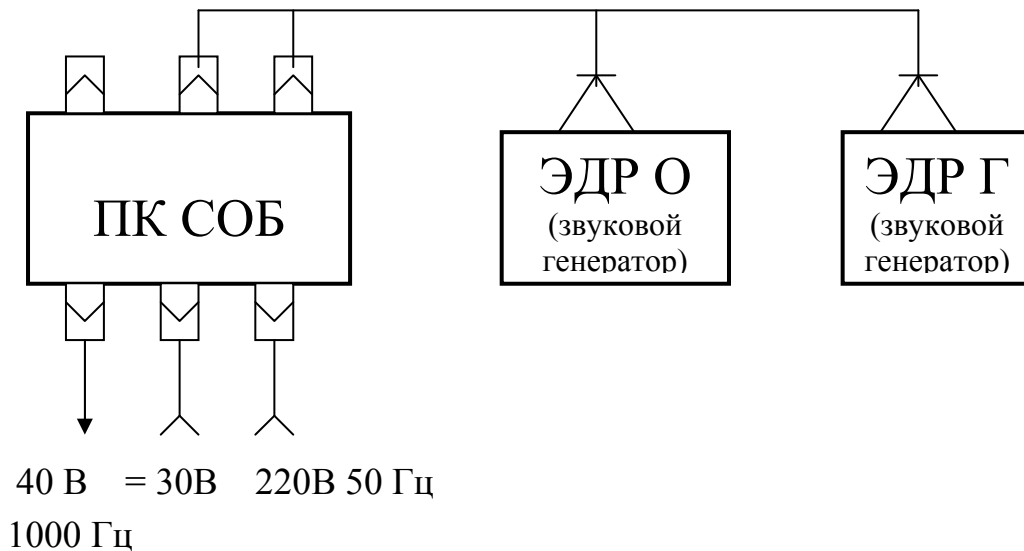


Рис. 4.5. Схема соединения стенда системы опорожнения баков

Сигнальные лампы

"40В 1000 Гц" - подано питание 40В 1000 Гц на приборы стенда.

" 30 В " - подано питание 30В на приборы стенда.

" Откр " - сигнализация подачи команды "Открытие" прибором УП-2 на привод ПД.

" Пуск " - сигнализация включения схема приборов УП – 1, УП – 2.

"Защита" - сигнализация о работе схемы защиты прибора УП – 2.

"Деж. сист."- сигнализация о включении дежурной системы прибора УП – 2.

" ФД " - сигнализация о выдаче прибором УП-2 команды

"Фиксированный дроссель" — команды установки привода в настроенное (исходное) положение.

"ОТКЛ. КОРР" - сигнализация о снятии команды прибором УП–1 в суммирующий каскад прибора УП–2.

"ОГ неч" - сигнализация команды с нечетного канала прибора УП-1 сочетания ОГ.

" ГО" - сигнализация команды нечетного канала прибора УП–1 сочетания ГО.

"ОГ чет" - сигнализация команды с четного канала прибора УП–1 сочетания ОГ.

"ГО чет" - сигнализация команды с четного канала прибора УП–1 сочетания ГО.

Вольтметр - прибор для регистрации положения привода ПД. Уменьшению показаний привода соответствует закрытие ПД, увеличению показаний прибора соответствует открытие ПД.

Клемма "+" и "-" позволяют контролировать положение привода с помощью дополнительных приборов (цифровой вольтметр и т.п.).

Работа на стенде

Перед началом работы на стенде необходимо ознакомиться со структурной схемой, принципом работы приборов СОБ и настоящей инструкцией.

Таблица 4.1 – Исходное положение органов управления

Переключатели	ЭДР 0	ЭДР Г
	Тумблеры	Шкала прибора - $\times 1$ Вых. Сопрот.- 600 Пределы шкалы Ослабление— 300мВ, 1В 3В, 0дБ Множитель – $\times 10$ Расстройка - 0

ВНИМАНИЕ! Соблюдайте правила и меры безопасности при работе с источником питания 220В, 40 В, 30 В.

Операции на стенде выполняйте в следующей последовательности.

1. Проверьте правильность соединения приборов по схеме (рис. 4.5).
2. Проверьте исходное положение тумблеров на пульте ПК СОБ - все тумблеры должны быть в нижнем (выключенном) состоянии.
3. Проверьте исходное положение органов управления на ЭДР О, ЭДР Г согласно табл. 4.1.
4. Тумблеры "Сеть" на ЭДР О, ЭДР Г поставьте в положение "Вкл".
5. Время прогрева ЭДР - около 5 мин. Ручкой "Рег. вых." установите стрелку на шкале прибора против цифры 7 на ЭДГ О и против цифры 6 на ЭДР Г по шкале 0 – 10 В – подано питание на вход прибора УП–1 (~ 1,5В).

ВНИМАНИЕ ! в процессе работы, периодически контролируйте частоту и выходное напряжение ЭДР. Увеличение напряжения свыше 3 В может привести к порче прибора УП–2. (Исключается другое положений всех органов управления, указанных в табл. 4. 1 при исходном положении.).

6. Подайте питание 40В 1000 Гц, 30В, 220В на стенд СОБ, для чего:

- а) включите выключатель "Пуск ПТ" - работает ПТ - 200 (подано питание 40 В 1000 Гц);
- б) подключите клеммы 30 В к сети 30 В;
- в) вилку 220В подключите к промышленной сети 220В.
7. Включите на пульте ПК СОБ тумблеры 40В 1000 Гц, 30В. Загорается лампы 30 В, 40 В 1000 Гц (RS, TS, RT), ФД (возможно загорание лампы "Откр", "Закр").
8. Кратковременно (на 1-2с) включите тумблер "Откл.корр."
9. Проконтролируйте отсутствие загорания ламп "Откр." и "Закр." В случае загорания любой из ламп, настройте баланс усилителя прибора УП-2:
 - а) включите тумблер "Вкл.настр.";
 - б) если горит лампа "Откр.", то кратковременными включениями тумблера "Закр." добейтесь погасания лампы;
 - в) если горит лампа "Закр.", то кратковременными включениями тумблера "Откр." добейтесь погасания лампы. Выключите тумблер "Вкл.настр."
10. Включите тумблер "КВ".
11. Включите тумблер "Пуск". Загораются лампы "ПУСК", "ЗАЩИТА", гаснет "ФД", периодически (через 8с) мигают лампы "Откр", "Закр.", "Защита", "ФД", работает схема опроса исправности прибора УП-2.
12. Включите на пульте ПК СОБ тумблер "220 В" - подало питание на секундомер.
13. Зафиксируйте показания вольтметра.
14. Включите тумблер "ПФ неч О". Загорается лампа "ОГ". Начинает работать секундомер.
15. Через 2-3 секунды включите тумблер "ПФ неч Г", секундомер останавливается.
16. Зафиксируйте по секундомеру время рассогласования, а по вольтметру - изменение напряжения.
17. Включите тумблер "ПУСК".
18. Выключите тумблеры "ПФ неч О", "ПФ неч Г".
19. Включите на 1-2 секунды тумблер "Откл.корр." и выключите - происходит снятие возмущений в приборе УП-2 в блоке коррекции.
20. Сбросьте показания секундомера.
21. Повторите операции по пп. 11-20 при включении тумблеров "ЗФ неч О", "ЗФ неч Г", а также при включении аналогичных тумблеров по четному каналу с различными длительностями и знаком рассогласования (ОГ или ГО).

Задание на выполнение работ

1. Зарисуйте в рабочую тетрадь структурную схему штатной системы СОБ с указанием функциональных задач блоков системы.
2. Проведите работы в соответствии с разделом работы на стенде.
3. По проделанной работе составьте отчет.

Требования, предъявляемые к отчету

Отчет по проделанной работе должен содержать следующее:

1. Функциональную схему системы опорожнения баков.
2. Результаты, полученные в процессе испытаний.
3. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение СОБ.
2. Какими чувствительными элементами оснащена СОБ для определения мгновенных объемных расходов и опорожнения компонентов топлива ?
3. Принцип работы датчиков мгновенных расходов.
4. Принцип работы датчиков уровня. Чем обеспечивается дублирование уравнемерного канала?
5. Назначение исполнительного механизма.
6. Принцип работы СОБ. Рассмотреть случаи: а) повышенный расход горючего (окислителя); б) пониженный расход горючего (окислителя).
7. Назначение усилителя – преобразователя УП – 1.
8. Назначение усилителя – преобразователя УП – 2.
9. Назначение блока защиты.
10. Для чего необходима система опроса? Когда включается дежурный канал и фиксированный дроссель?
11. Чем обеспечивается имитация разбаланса уровней в баках горючего и окислителя?
12. Как определить угловую скорость привода дросселя по показаниям приборов стенда?

Библиографический список

1. Гликман Б.Ф. Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей. - М.: Машиностроение, 1974. - 396 с.
2. Браславский Д.А. Приборы и датчики летательных аппаратов, М.: Машиностроение, 1970 - 392 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

СТАТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Цель работы: изучить принцип действия, устройство преобразователя, конструкцию. Снять экспериментально рабочие и эксплуатационные характеристики.

НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

На ЛА с первичной системой электроснабжения постоянного тока для получения переменного тока постоянной частоты до последнего времени использовались главным образом электромашинные преобразователи, имеющие ряд недостатков:

большую полетную массу, низкий КПД, недостаточно высокую надежность, большие затраты времени на обслуживание.

В настоящее время для ЛА созданы надежные статические преобразователи постоянного тока в переменный (инверторы) на транзисторах мощностью в несколько киловатт, превосходящие по основным параметрам электромашинные преобразователи. КПД транзисторных преобразователей достигает 95%.

По сравнению с электромашинными, статические преобразователи обладают следующими преимуществами: время выхода на рабочий режим меньше в 5-10 раз и составляет доли секунды; в несколько раз меньше пусковые токи; лучшее качество переходных процессов; отсутствуют акустические шумы, создаваемые при работе преобразователя; большой срок службы; малые масса и габариты.

Применение кремниевых транзисторов позволяет создавать преобразователи, работающие при температурах 80-100 °С.

Полупроводниковые приборы в инверторах работают в ключевом режиме. Этот режим позволяет с помощью приборов относительно небольшой мощности управлять достаточно большой мощностью в нагрузке.

Возможно дальнейшее улучшение выходных характеристик статических преобразователей, благодаря применению дополнительных фильтров, увеличения числа преобразующих каскадов и т. п.

Надежность работы полупроводниковых преобразователей увеличивают путем дублирования и резервирования элементов, что практически мало сказывается на увеличении их габаритов и массы по сравнению с электромашинными преобразователями.

В данной лабораторной работе предлагается провести испытания статического преобразователя типа 11Л041-М2.

Описание принципиальной схемы

Прибор предназначен для питания специальной аппаратуры переменным током стабилизированной частоты 500 Гц и стабилизированным напряжением 40 В.

Технические характеристики прибора приведены в таблице 1. На рис. 1 приведена функциональная схема статического преобразователя. Она состоит из следующих блоков:

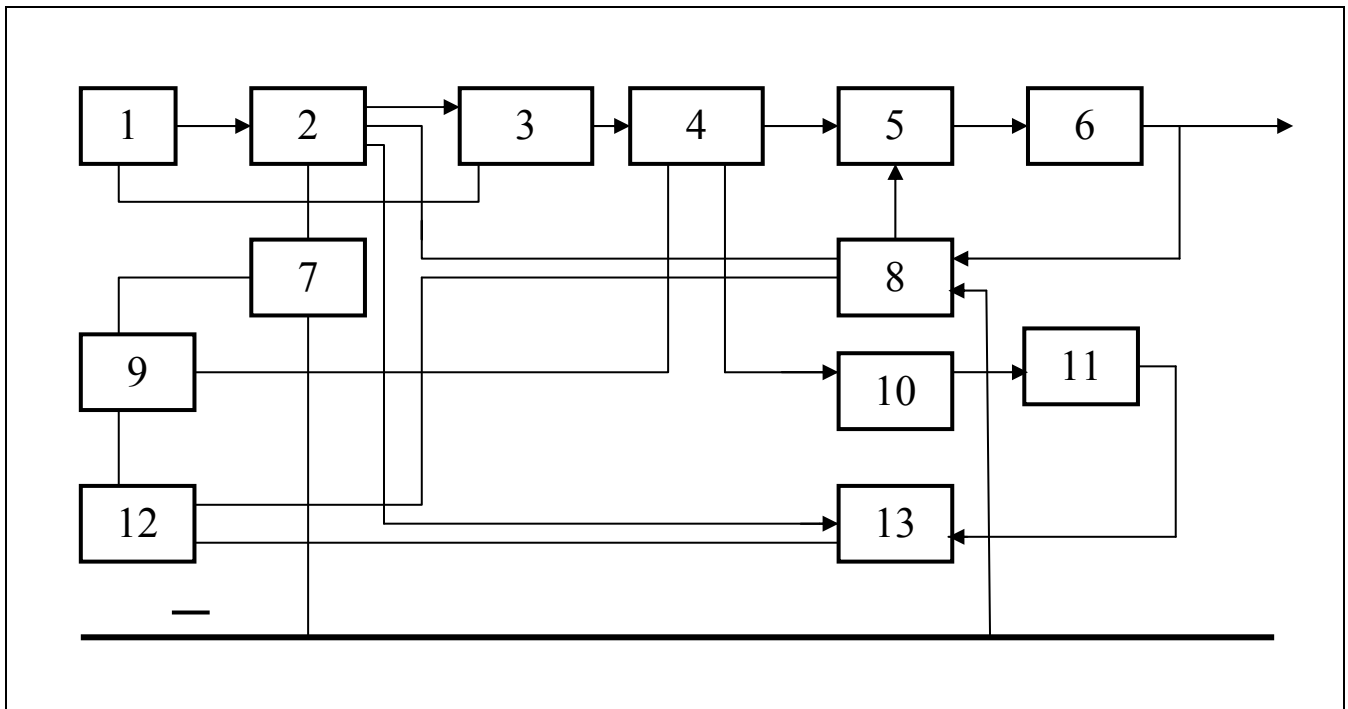
- 1 - кварцевый задающий генератор;
- 2 - предварительный усилитель;
- 3 - фазорасщепитель;
- 4 - буферный усилитель;
- 5 - усилитель мощности трехфазного напряжения;
- 6 - фильтр выходного трехфазного напряжения;
- 7 - реле;
- 8 - регулятор трехфазного выходного напряжения;
- 9 - схема задержки;
- 10 - усилитель мощности однофазного напряжения;
- 11 - фильтр выходного однофазного напряжения;
- 12 - диодный сумматор;
- 13 - регулятор однофазного выходного напряжения.

Все слаботочные функциональные узлы прибора выполнены в виде модулей.

Таблица 1

Характеристики статического преобразователя

№	Наименование параметра	Численное значение
1	Напряжение питания, В	27_{-3}^{+4}
2	Частота выходных напряжений, Гц	500
3	Выходное напряжение, В: - однофазное; - трехфазное	$40_{-1,2}^{+1,2}$ $40_{-1,2}^{+1,2}$
4	Коэффициент нелинейных искажений, не более, % - по однофазному выходу; - по трехфазному выходу	5 10
5	Выходные мощности, ВА: - однофазного выхода; - трехфазного выхода	0... 65 0...115
6	Коэффициент мощности нагрузок: - однофазных (индуктивн.) ; - трехфазных (индуктивн. или емкостной)	0,7 0,8...1 I
7	К. П. Д., не менее	0,62
8	Масса, кг, не более	12,5
9	Ресурс работы, час	1000



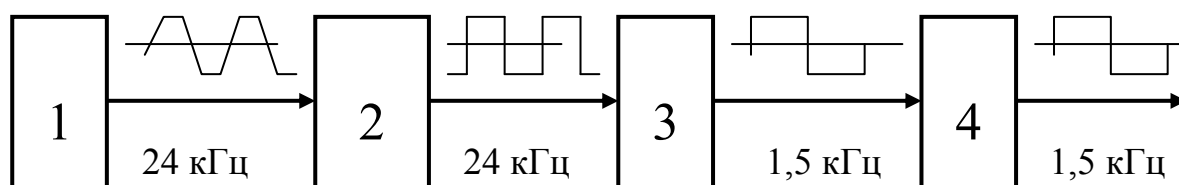
1 - кварцевый задающий генератор, 2 - предварительный усилитель, 3 - фазорасщепитель, 4 - буферный усилитель, 5 - усилитель мощности трехфазного напряжения, 6 - фильтр выходного трехфазного напряжения, 7 - реле, 8 - регулятор трехфазного выходного напряжения, 9 - схема задержки, 10 - усилитель мощности однофазного напряжения, 11 - фильтр выходного однофазного напряжения, 12 - диодный сумматор, 13 - регулятор однофазного выходного напряжения.

Рис. 1. Функциональная схема статического преобразователя

На рис.2 приведена блок-схема задающего генератора.

Кварцевый задающий генератор (КЗГ) предназначен для стабилизации частоты выходных напряжений. Он включает в себя кварцевый возбудитель 1, буфер-формирователь 2, блоки делителей частоты 3 и выходной усилитель 4 (см. блок-схему рис. 2).

Кварцевый возбудитель 1 обеспечивает заданную стабильность выходного напряжения кварцевого задающего генератора. На выходе кварцевого возбудителя формируются импульсы трапецеидальной формы с частотой следования 24 кГц, которые поступают на вход буферного каскада.



1 - кварцевый возбуждатель, 2 - буферный каскад, 3 - блок делителей частоты, 4 - выходной усилитель.

Рис. 2. Блок-схема задающего кварцевого генератора

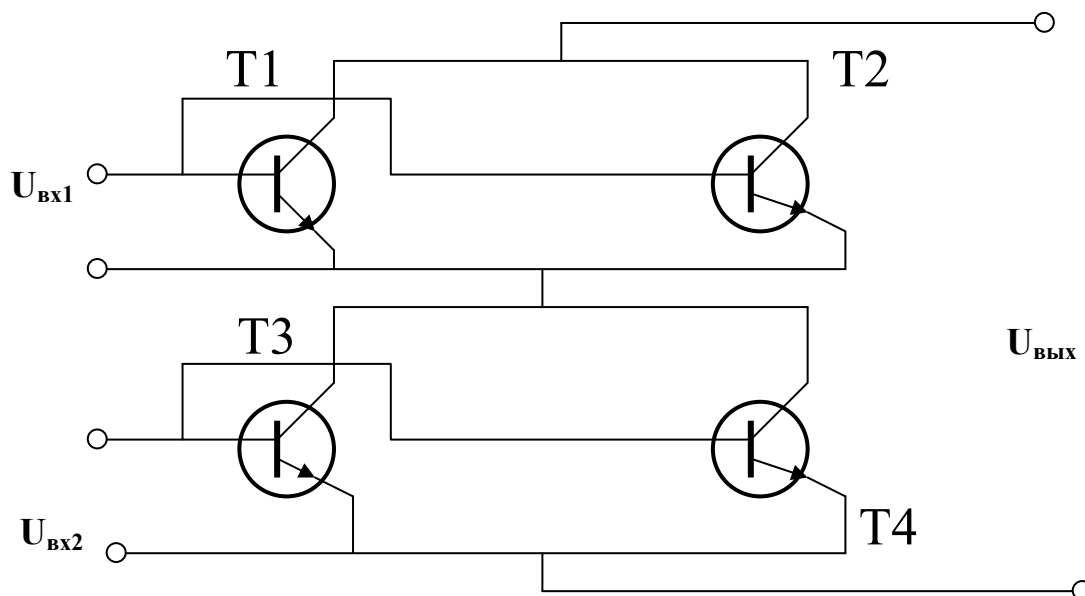


Рис. 3. Параллельно-последовательное соединение транзисторов

Буферный каскад 2 осуществляет развязку кварцевого возбуждателя с делителем частоты и формирует импульсы с крутым передним фронтом для запуска делителей частоты.

Блок делителей частоты 3 состоит из четырех триггерных делителей частоты с общим коэффициентом деления 16.

С выхода блока делителей частоты прямоугольные импульсы с частотой следования 1,5 кГц поступают на вход выходного усилителя, где они усиливаются по мощности и через согласующий трансформатор поступают на вход фазорасщепителя.

Предварительный усилитель (ПУ) 2 (см. рис.1) служит для усиления выходного напряжения кварцевого задающего генератора и исключает реакцию входа фазорасщепителя на выход КЗГ. Предварительный усилитель собран на транзисторах по двухтактной схеме с общим

эмиттером. В нем применено параллельно - последовательное соединение транзисторов, которое обеспечивает нормальную работу ПУ при выходе из строя одного из транзисторов. Работает предварительный усилитель в ключевом режиме.

Параллельно-последовательное соединение транзисторов показано на рис. 3. Эта схема обеспечивает повышение надежности в два раза и эквивалентна одному транзистору. Выход транзистора из строя возможен двух типов: обрыв транзистора и короткое замыкание. Например, при обрыве Т1 ток течет через Т2, Т3, Т4; при коротком замыкании Т1 (Т2 закорочен) работают Т3 и Т4.

Фазорасщепитель (ФР) 3 предназначен для получения трех напряжений прямоугольной формы частотой 500 Гц, сдвинутых по фазе на 120 эл. град. Стабильность частоты фазорасщепителя обеспечивается синхронизацией его от кварцевого задающего генератора. Он состоит из трех автогенераторов, собранных на модулях по кольцевой схеме. Буферный усилитель (БУ) 4 предназначен для усиления сигнала фазорасщепителя по мощности и исключения влияния изменения нагрузки прибора на точность угла сдвига фаз и устойчивость синхронизации фазорасщепителя. Он представляет собой три двухтактных однофазных усилителя, выполненных на модулях по схеме с общим эмиттером.

Усилители мощности 5, 10 предназначены для усиления по мощности однофазного и трехфазного напряжений.

Трехфазный усилитель мощности состоит из трех усилителей на транзисторах, выполненных по двухтактной схеме с трансформаторным выходом. Трансформаторы работают в режиме ключа, выходные обмотки трансформаторов соединены по схеме "треугольник". Запуск транзисторов усилителя мощности производится квазипрямоугольными импульсами, кратными трем.

Фильтры выходного однофазного 11 и трехфазного напряжений 6 преобразуют прямоугольные напряжения усилителей мощности в синусоидальные. Они состоят из дросселей и конденсаторов, которые

образуют последовательный колебательный контур. Этот контур настраивается в резонанс на основную гармонику.

Регуляторы однофазного 13 и трехфазного напряжений 8 предназначены для стабилизации выходных однофазного и трехфазного напряжений путем воздействия на напряжения однофазного и трехфазного усилителей мощности. Они выполнены по мостовой схеме.

Схема питания предварительных каскадов включает в себя дроссели, диоды, схему задержки. При включении прибора "плюс" питания подается сразу на все узлы прибора, а "минус" - на схему задержки, на фазорасщепитель и на кварцевый задающий генератор и предварительный усилитель.

Описание конструкции

Основу прибора составляет корпус, выполненный в виде прямоугольной коробки из сплава А-9. Передняя стенка корпуса имеет Z-образную конфигурацию, задняя стенка отсутствует. Дно корпуса с внешней стороны имеет углубление для установки силовых трансформаторов. Боковые стенки корпуса имеют отверстия, предназначенные для улучшения теплового режима прибора и снижения массы. Боковые отверстия заклеены металлической сеткой для защиты прибора от попадания посторонних предметов.

В основу конструкции прибора заложено модульное исполнение слаботочных узлов и печатный монтаж. Функциональные узлы задающего генератора размещены на панели из пенополиуретана, армированного стеклотканью. Каждый модуль изготавливается по способу объемноплоскостного размещения элементов с электрическими связями, выполненными печатным способом. Подстроечные элементы модулей размещены с наружной стороны верхней печатной платы. Дроссели фильтров питания и трансформатор однофазного выхода укреплены шпильками к корпусу прибора. Силовые транзисторы установлены в специальном углублении выводами во внутрь прибора.

Характеристики статического преобразователя

Работа статического преобразователя также, как и электромашиного преобразователя, оценивается двумя группами характеристик: рабочими и эксплуатационными. Рабочие характеристики представляют собой зависимость выходных параметров преобразователей: линейного напряжения U_L , частоты f , потребляемого тока I_n , КПД от тока нагрузки I_H при неизменных напряжениях питания U_n и характере нагрузки, т. е.

$$U_L(I_H), f(I_H), I_n(I_H), \eta(I_H) \text{ при } U_n = \text{const}, \cos \varphi_H = \text{const}.$$

Эксплуатационные характеристики дают зависимости тех же параметров от напряжения питания U_n при неизменном токе и характере нагрузки при $I_H = \text{const}, \cos \varphi_H = \text{const}$, т.е.

$$U_L(U_n), f(U_n), I_n(U_n), \eta(U_n) \text{ при } I_H = \text{const}, \cos \varphi_H = \text{const}.$$

Примерный вид рабочих и эксплуатационных характеристик показан на рис.4.

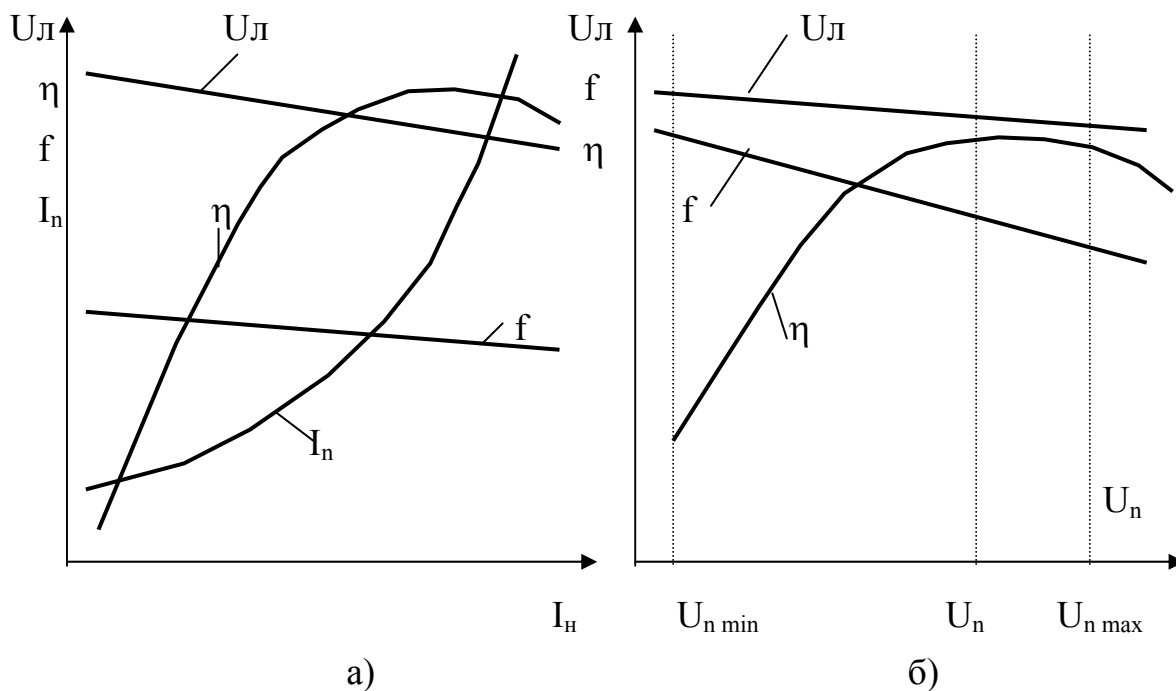
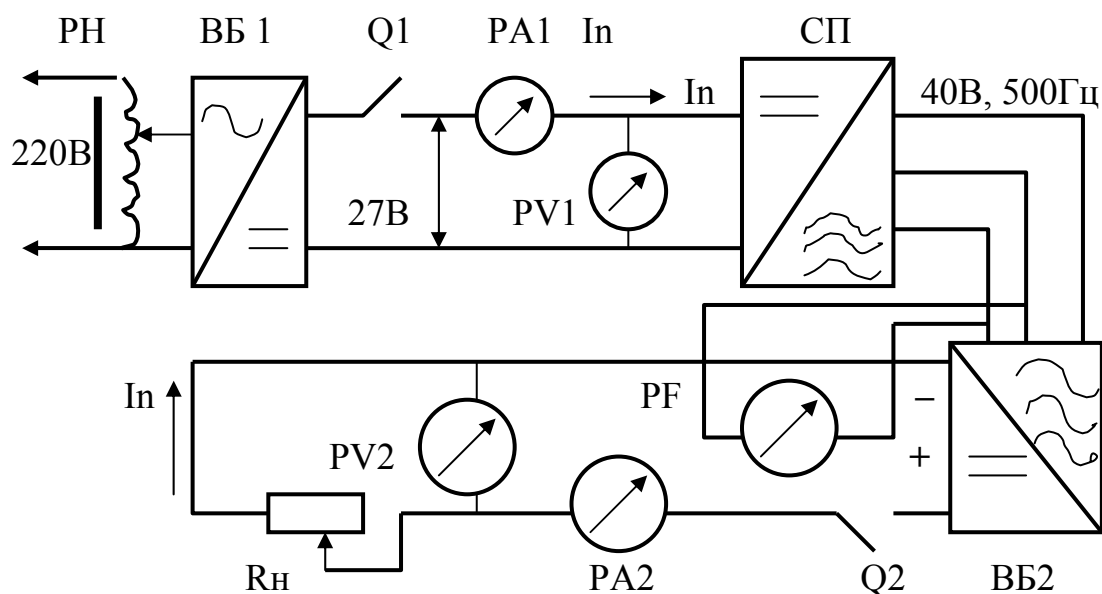


Рис.4. Рабочие (а) и эксплуатационные (б) характеристики статического преобразователя

Описание лабораторной установки

Установка позволяет снять рабочие и эксплуатационные характеристики статического преобразователя 11Л041-М2. Схема ее приведена на рис.5.

ход статического преобразователя (СП) подключается к выпрямительному блоку (ВБ1), на выходе которого получается выпрямленное напряжение. В свою очередь, выпрямленный блок подключается через регулятор напряжения (РН) к сети переменного тока напряжением 220 В. Такое подключение выпрямленного блока через регулятор напряжения позволяет плавно изменять напряжение питания U_n на входе статического преобразователя в широких пределах. Это напряжение измеряется вольтметром PV1. Амперметр PA1 измеряет ток, потребляемый преобразователем от сети.



ВБ1, ВБ2 - выпрямительные блоки; СП - статический преобразователь;
РН - регулятор напряжения; PA1, PA2 - амперметры; PV1, PV2 - вольтметры; PF - частотомер; Q1, Q2 - выключатели; Rн - реостат.

Рис. 5. Схема лабораторной установки

Выходное трехфазное напряжение статического преобразователя поступает на выпрямительный блок ВБ 2, выполненный по трехфазной мостовой схеме выпрямления. В качестве нагрузки используется реостат Rн (активная нагрузка, $\cos \varphi = 1$).

Выходные параметры измеряются приборами: вольтметром PV2, частотомером PF и амперметром PA2.

Включение преобразователя производится подачей сетевого напряжения 220 В на регулятор напряжения и включением выключателя Q1, включение нагрузки - выключателем Q2.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия, конструкцией, работой и характеристиками статического преобразователя. Ознакомиться с лабораторной установкой для испытания преобразователя. Подготовить табл. 2 для записи экспериментальных данных.

2. Снять рабочие характеристики при номинальном напряжении питания $U_n = 27\text{В} = \text{const}$ и активном характере нагрузки ($\cos \varphi = 1$). Характеристики снимаются следующим образом:

а) проверяют состояние выключателей, реостата R_H и регулятора напряжения (выключатели Q1 и Q2 должны быть разомкнуты, реостат R_H - введен, движок регулятора напряжения должен соответствовать выходному напряжению 220В) и подключают сетевое напряжение 220В к выпрямительному блоку ВБ 1;

б) запускают преобразователь посредством включения выключателя Q1 и с помощью регулятора напряжения R_H на входе преобразователя устанавливают напряжение $U_n = 27\text{В}$, которое поддерживается в течение данного эксперимента неизменным;

в) заносят в табл. 2 данные режима холостого хода преобразователя, а затем с помощью выключателя Q2 включается реостат нагрузки R_H и последовательно устанавливаются токи нагрузки от 1 до 5А (7 точек), для которых соответствующие данные фиксируются в табл. 2, после чего преобразователь выключается.

3. Снять эксплуатационные характеристики преобразователя при токе нагрузки $I_n = 1\text{А} = \text{const}$ и активном характере нагрузки $\cos \varphi = 1$.

Характеристики снимаются следующим образом:

а) запускают преобразователь и при напряжении питания $U_n=31\text{В}$ реостатом нагрузки R_n устанавливают ток $I_n = 1\text{А}$, который в дальнейшем поддерживают неизменным;

б) снимают с помощью регулятора напряжения R_n напряжение питания от 31В до 23В (7 точек) и для каждой точки в таблице фиксируют показания соответствующих приборов, а затем преобразователь выключают.

4. Рассчитать и занести в табл. 2 по данным экспериментов мощность в нагрузке R_n , потребляемую мощность P_n и КПД преобразователя .

Мощность, потребляемая преобразователем из сети, равна

$$P_n=U_n \cdot I_n, \text{ а выходная мощность}$$

$$P_n = U_n \cdot I_n.$$

Потерями энергии в выпрямительном блоке ВБ 2 для упрощения пренебрегаем, так как его КПД близок к единице и считаем, что вся выходная мощность выделяется на нагрузочном сопротивлении R_n .

Коэффициент полезного действия преобразователя определяется соотношением $\eta = P_n / P_n$.

5. Построить графики рабочих и эксплуатационных характеристик преобразователя по данным табл. 2 :

$$U_n = f(I_n), f = F(I_n), I_n = f(U_n), \eta = f(I_n), f = F(U_n), U_n = f(U_n),$$

$$I_n = f(U_n).$$

6. Рассчитать значение внутреннего сопротивления преобразователя

$$R_{вн} = \Delta U_n / \Delta I_n,$$

где $\Delta U_n = U_n (I_n = 0) - U_n (I_n = \text{max})$,

$$\Delta I_n = I_n \text{ max}.$$

7. На основе эксперимента сделать заключение о соответствии полученных параметров преобразователя его техническим, приведенным в таблице 1. Для этого на графике $U_n = f(U_n)$ выделить изменение выходного напряжения при изменении напряжения питания от

24 до 31В и сопоставить его с табличным значением выходного напряжения. Оценку целесообразно проводить в процентах.

8. Предъявить преподавателю отчет по проделанной работе.

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- 1- схему лабораторной установки (рис.5);
- 2- таблицу с результатами измерений и расчетов;
- 3- графики рабочих и эксплуатационных характеристиках преобразователя.

Контрольные вопросы

1. Назначение преобразователей электроэнергии.
2. Преимущества статического преобразователя перед электромашинным.
3. Способы повышения надежности полупроводниковых преобразователей.
4. Принцип работы статического преобразователя (рис.1).
5. Назначение отдельных блоков преобразователя.
6. Почему в блоках преобразователя используются прямоугольные колебания, а не гармонические ?
7. Что такое рабочие характеристики преобразователя ?
8. Что такое эксплуатационные характеристики преобразователя ?
9. Почему в выпрямительном блоке ВБ 2 происходит увеличение напряжения (на входе - 40В, на выходе - около 60В) ?
10. От чего зависит мощность, потребляемая преобразователем ?
7. Что такое рабочие характеристики преобразователя ?
8. Что такое эксплуатационные характеристики преобразователя ?
9. Почему в выпрямительном блоке ВБ 2 происходит увеличение напряжения (на входе - 40В, на выходе - около 60В) ?
10. От чего зависит мощность, потребляемая преобразователем ?

Таблица 2

Результаты эксперимента

№	Измерения					Расчеты			Примечания
	U _n , В	I _n , А	U _n , В	f, Гц	I _n , А	P _n , Вт	P _n , Вт	η	
1	27	0,0							Рабочие характеристики
2		0,4							
3		0,8							
4		1,2							
5		1,5							
6		2,0							
7		2,2							
1	31	1,0							Экспуата- ционные характери- стики
2	29								
3	27								
4	26								
5	25								
6	24								
7	23								

ВАРИАНТЫ КОМПОНОВКИ АППАРАТУРЫ НА ИЗДЕЛИИ

Цель работы: Ознакомление с результатами патентно-технических исследований по размещению радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) на борту ЛА, выявление перспективных технических решений по обеспечению теплового режима, установке и закреплению, амортизации и герметизации контейнеров, а также по более рациональному размещению радиоэлектронной аппаратуры.

1. Постановка задачи и место компоновочных работ в процессе проектирования ЛА

Под компоновкой обычно понимают совокупность геометрических тел, пространственное положение которых зафиксировано относительно общей массы координат и удовлетворяет заданным требованиям.

В конструкторской практике термин “компоновка” часто используется не только для обозначения объекта проектирования, но и действия. Компоновка отсека ЛА подразумевает наличие оболочки, внутри (или вне) которой размещаются приборы и агрегаты. В процессе проектирования необходимо выбрать форму и размеры отсеков, разметить приборы в отсеке. Решение этих задач должно наилучшим образом отвечать функциональному назначению ЛА.

В узкой постановке задача компонования отсека заключается в размещении заданного набора приборов и агрегатов, определенной формы и размеров внутри заранее выбранной оболочки. При этом функциональное назначение отсека в составе ЛА определено рядом заранее обусловленных требований.

Компоновочные работы проводятся на всех стадиях проектирования и доводки ЛА.

На *этапе технических предложений* компоновка отсеков проводится с целью оценки возможности размещения приборов в отсеке выбранной формы и размеров. Такая оценка проводится с использованием статистических данных по размещаемым приборам и агрегатам.

На *этапе эскизного проектирования* исходные данные для компонования определены с достаточной степенью точности и включают: зону размещения приборов, габаритные размеры и массы приборов, требования к размещению приборов, требования к отсеку.

В процессе проектирования разрабатываются несколько вариантов компоновки. Полученные варианты размещения приборов в отсеке анализируются. Последующий анализ степени выполнения заданных требований при размещении позволяет выбрать вариант, используемый для изготовления макета. По результатам макетирования уточняется компоновка отсека. Данные по размещению приборов в отсеке служат базой для дальнейших конструкторских проработок, а полученные массовые характеристики отсека (центры масс, моменты инерции.) используются для проведения прочностных расчетов и уточнения требований к системе управления.

На *этапе рабочего проектирования* задача получения компоновки отсека заключается в уточнении полученного размещения по результатам конструктивной проработки.

На *этапе доработок* изделия происходит частичное изменение состава компоновки приборов, что влечет за собой перекомпонование отсека.

2. Требования, предъявляемые к компоновке отсека

К отсекам ЛА предъявляются ряд требований, выполнение которых зависит от размещения приборов. В частности, обеспечение устойчивости и управляемости ЛА накладывает ограничения на положение центра масс и

величины моментов инерции отсеков. В задании на проектирование отсека определены требуемые координаты центра масс отсека и их допустимые отклонения по осям, а также требования к моментам инерции отсека.

Положение центра масс отсека определяется заданной степенью статической устойчивости аппарата и зависит от размещения приборов.

Одним из критериев проектирования ЛА на ранних стадиях разработки является его эффективность. Надежность ЛА считается важнейшей составляющей эффективности. Обычно при проектировании задается нижняя граница надежности ЛА и его составляющих.

Надежность приборов зависит от режимов и условий их работы, которые неодинаковы в различных частях отсека. В зависимости от расположения прибора в отсеке меняются действующие на прибор факторы (например, нагрев, вибрации).

Группа требований, приводящих к снижению массы отсека путем размещения приборов, может рассматриваться как составная часть общего требования по снижению массы ЛА.

Наиболее существенный выигрыш по массе может быть достигнут за счет уменьшения длины коммуникаций (кабелей, трубопроводов).

Функциональные требования к размещению приборов в отсеке настолько многогранны, что на современном этапе полная их формализация вызывает значительные затруднения.

Функциональные требования могут быть разделены на две группы:

- размещение приборов в отсеке должно соответствовать их назначению;
- в процессе размещения должны исключаться вредные взаимовлияния приборов.

Устранение механических, тепловых, электрических и других воздействий одного прибора на другой может быть достигнуто экранировкой или другими дополнительными затратами масс, а также увеличением расстояний между приборами. Технические решения по размещению приборов

в отсеке (с точки зрения наилучшего их функционирования) неоднозначны и требуют творческого подхода. Задача усложняется тем, что неизвестны количественные соотношения степени воздействия одного прибора на другой в зависимости от расстояния между ними.

Эксплуатационные ограничения на размещение требуют организации доступа к некоторым приборам для профилактики, настройки и замены. Конструктор, используя опыт предыдущего проектирования, в процессе разработки задания на компоновку отсека может мысленно привязать положение прибора к разъемам или люкам и выразить соответствующие требования.

Процесс установки приборов и накладки кабелей требует обеспечить зазоры между приборами и свободное перемещение оборудования через люк к месту установки.

Перейдем к рассмотрению конкретных вариантов компоновки РЭА.

3. Варианты компоновки аппаратуры на изделии

Возможны различные варианты компоновки аппаратуры на изделии:

1. Моноблоки РЭА, установленные в гермоотсеках.
2. РЭА, устанавливаемая "россыпью" в герметичном приборном отсеке.
3. Герметичные приборные контейнеры в негерметичном отсеке.
4. Герметичное исполнение отдельных приборов в негерметичном приборном отсеке.

Первый вариант. Моноблок (аппаратура, объединенная общей рамой), составленный по функциональному признаку, установлен в герметичный приборный отсек.

Преимущества данной компоновки следующие:

- высокая надежность законченного комплекса;
- минимальный объем и масса приборного отсека с аппаратурой в связи с отсутствием герметизирующих кожухов и элементов герметизации, компактной компоновкой аппаратуры;

- единое конструктивное решение приборов, выход штепсельных разъемов в одну сторону и размещение их на одном уровне обеспечивает удобство монтажа, эксплуатации и повышают технологичность производства;
- возможность внедрения плоских кабелей;
- проверенный принцип построения системы температурного режима (СТР) приборного отсека;
- взаимозаменяемость и быстрота устранения неисправности.

Такая компоновка обладает и следующими недостатками:

- необходимость обеспечения требуемой среды после установки моноблока в гермоотсек;
- необходимость применения мер защиты от механических повреждений при установке;
- необходимость замены моноблока.

Для замены вышедших из строя устройств, а также их настройки необходимо предусмотреть доступ в приборный отсек. Применение для этих целей люков значительно усложняет герметизацию отсека вследствие больших перемещений корпуса изделия.

Второй вариант. Аппаратура выполняется в негерметичном исполнении и размещается в отдельном приборном отсеке. Этот вариант сохраняет преимущества компоновки аппаратуры по первому варианту: высокая надежность, минимальный объем и масса приборного отсека с аппаратурой, единое конструктивное решение приборов, возможность внедрения плоских кабелей.

Такой вариант компоновки имеет следующие недостатки:

- увеличение массы изделия за счет герметичного приборного отсека и одновременного наличия корпусов приборов;
- сложность замены ввиду большой массы герметичного приборного отсека;
- трудности с обеспечением теплового режима.

Третий вариант. Приборы, объединенные по функциональному принципу, компонуются в герметичных приборных контейнерах. Специализированного приборного отсека нет.

Преимущества данного вида компоновки следующие:

- возможность замены приборных контейнеров;
- взаимозаменяемость контейнеров;
- сохраняются преимущества первого варианта. То есть, конструктивное решение приборов, выход штепсельных размеров в одну сторону и размещение их на одном уровне, что обеспечивает удобство монтажа эксплуатации и повышает технологичность производства.

Недостатки серьезны, но являются перспективными для их исправления:

- увеличение массы изделия за счет приборных контейнеров; работа необходима в направлении замены корпусов отдельных приборов на общий корпус контейнера, что позволяет даже сократить общую массу приборов;
- увеличение количества герморазъемов для связи между контейнерами ввиду того, что исключается возможность использования разъемов, установленных на приборах;
- перспективными для работы является исключение приборных разъемов;
- трудности в обеспечении теплового режима.

Четвертый вариант. Приборы выполняются в герметичном исполнении, размещаются "россыпью" или в кассетах (по несколько штук на одной раме).

Преимущество - возможность замены отдельных приборов.

Недостатки:

- значительное увеличение массы за счет индивидуальной герметизации приборов;
- теряются преимущества первого и второго вариантов;
- дополнительный комплекс проверок на изделии при замене одного прибора.

На основе рассмотренных видов компоновки наиболее предпочтительна контейнерная компоновка аппаратуры, вследствие больших ее преимуществ.

В результате использования контейнеров для размещения приборов получаем следующий технико-экономический эффект:

- уменьшение массы конструкции;
- многократность использования контейнеров вследствие увеличения надежности;
- снижение себестоимости изделия.

Для выяснения частных требований к элементам крепления РЭА необходимо определить величины механических (ускорение, вибрация), акустических (уровень шума) и тепловых факторов, действующих в районе размещения аппаратуры на изделии.

4. Классификация повреждений РЭА

В зависимости от места нахождения РЭА возможно:

- размягчение материала при высоких температурах, вызывающее потерю прочности или полное разрушение некоторых деталей, содержащих нетеплостойкие материалы;
- тепловое старение материала, вызывающее потерю механических и электрических свойств.

В данном случае основным является фактор времени, определяющий продолжительность срока службы материала, работающего в условиях нагрева;

- потеря вязкости при высоких температурах, при которых, например, пропитка может стать настолько жидкой, что предохранение от ее вытекания становится недостаточным;
- переход материала при низких температурах в хрупкое состояние, ограничивающее его работоспособность;
- потеря смазочных свойств при низких температурах, следствием чего могут быть замерзание смазки и заедание движущихся частей

аппаратуры;

- увеличение вязкости и даже замерзание при низких температурах пропитывающих, покровных или заливочных материалов и нарушение их структурной целостности;
- снижение электрической прочности воздуха при работе аппаратуры на больших высотах;
- структурное разрушение при высоком атмосферном давлении может способствовать возникновению как механических, так и электрических повреждений аппаратуры;
- растрескивание заливочных или герметизирующих материалов, предохраняющих от проникновения влаги внутрь детали или аппарата. Это растрескивание вызвано напряжениями в материале из-за наличия разности между наружным воздухом и давлением внутри кожуха;
- проникновение частиц воды или паров сквозь покровный материал. Это явление может быть сильно ускорено при некоторых сочетаниях климатических факторов, особенно при высокой температуре;
- коррозия материала от действия паров воды, особенно ускоряющаяся при повышенной температуре и присутствия в воздухе частиц солей и других загрязнений;
- поглощение материалами воды, в результате чего происходит разбухание изделий, нарушающее их работоспособность;
- поглощение воды изоляционными материалами, приводящее к нарушению электрической прочности изоляции;
- химическое разложение, являющееся обычно у малостойких материалов следствием длительной работы. Это явление для некоторых материалов сильно ускоряется при нагревании или проявляется только при высоких температурах;
- высыхание материалов, вызванное сухостью воздуха.

При этом даже испаряется вода, входящая в структурный состав материала.

К механическим разрушениям материалов приводят следующие неблагоприятные факторы:

- разрушения, причиненные термитами или другими насекомыми;
- чрезмерный механический износ подвижных частей при попадании в них пыли или песка;
- поражение материалов, порча изоляции и замыкание электрических проводов;
- обледенение поверхности при совместном действии холода и влажности.

Следствием этого явления может быть полное или частичное замыкание схемы, механическое разрушение под действием осадков, ветра и т.д.

Кроме метеорологических условий на аппаратуру влияют следующие факторы: вибрации, опасность взрыва, перегрузки, акустическое воздействие. Поэтому для определения характеристик и конструкции приборного контейнера необходимо руководствоваться следующими нормами:

- температурой в зоне размещения РЭА;
- механическими воздействиями, действующими на РЭА;
- правилами устройства электроустановок.

Эти нормы являются необходимыми для проектирования контейнеров, определения их характеристик.

5. Контейнеры для размещения приборов

Рассмотрим технические решения размещения РЭА на основе патентно-технических исследований.

6.1. На рис. 1 изображен приборный отсек (А. С. N51149.)

Сущность изобретения в том, что основная часть функционально зависимых элементов радиоэлектронной аппаратуры размещается на единой

амортизированной платформе, которая устанавливается в герметичной несущей капсуле. В этом изобретении приборы системы управления установлены в своих герметичных корпусах с элементами крепления их к корпусу приборного отсека или в навесных контейнерах.

Недостатком таких конструкций является то, что все они требуют установки функциональных блоков в специальные герметичные корпуса, которые в свою очередь должны быть закреплены в общем силовом корпусе с применением индивидуальных средств амортизации.

Достоинства:

- облегчается амортизация, т. к. отпадает необходимость амортизировать корпус капсулы;
- исключается из состава приборного отсека корпуса автономных приборов и средств амортизации, т. к. монтаж элементов систем управления ведется на единой амортизированной платформе.

5.2. Изобретение, изображенное на рис.2 (заявка N1584372), по своим достоинствам повторяет и дополняет предыдущее изобретение.

Повторение заключается в размещении всей аппаратуры системы на единой амортизированной раме, закрепленной по торцам отсека и обеспечивающей максимальное заполнение отсека по сравнению с размещением "россыпью" на элементах корпуса приборного отсека.

3.3. Изобретение (заявка N1584542), изображенное на рис.3, относится к устройствам герметичных корпусов, используемых для размещения приборов летательных аппаратов. Обычно для изготовления подобных корпусов применяют сварку для соединения отдельных элементов: силовых шпангоутов, сферических обечаек и т.д.

При очевидных преимуществах сварных конструкций возможны следующие недостатки:

- поводки и коробление от температурных напряжений при сварке;
- пониженная точность изготовления.

В данном изобретении силовая сферическая крышка вместе с выступами 4, площадками 6, кольцевым шпангоутом изготавливается из штамповки путем механической обработки и химфрезерования. Устранение сварных швов повышает точность изготовления, снимает поводки и коробления, увеличивает надежность, облегчает герметизацию.

4. На рис.4 изображено изобретение, зарегистрированное под заявкой N1590562. Приборный отсек представляет собой коническую часть корпуса, в передней части которого расположена система газового питания 1, как более плохо компонованная часть. Техническое решение улучшения компоновки заключено в частичном совмещении оболочек приборного отсека и системы газового питания.

5. Приборный контейнер, описанный в изобретении (заявка N1596364), изображенный на рис.5, представляет собой герметичный контейнер тороидальной формы с активной системой терморегулирования.

По замкнутому контуру циркулирует газ, охлаждающий расположенные в контейнере приборы.

Для того, чтобы газ циркулировал, контейнер снабжен разделительной диафрагмой 2 с центральным отверстием, в котором закреплен вентилятор 3 с теплообменником системы термостатирования.

Так как разделительная диафрагма 2 герметизирована по сечению приборного контейнера уплотнительными прокладками, то давление газа в задиафрагменной полости несколько повышается, и он, преодолевая сопротивление приборов, движется по замкнутому контуру, охлаждая (или подогревая) приборы.

Испытания этого контейнера показали его высокую эффективность, надежность и массовое совершенство.

6. В изобретении по заявке N2209951, изображенной на рис.6, описана рациональная конструкция приборного отсека. Корпус фрезеруется сотами, а посадочные места под кронштейны приборов объединены в кольцевые пояса.

Причем посадочные элементы одной соты с ребрами.

Такой принцип "размазывания" громоздкого и тяжелого силового набора по оболочке уже оправдал себя во многих конструкциях.

7. На рис.7 изображено устройство для подвески приборов (заявка N1584391, А. С. N91515). Оно состоит из верхней 11 и нижней платформы, на которых устанавливаются амортизируемые приборы.

Амортизация осуществляется с помощью нитей 4, изготавливаемых из капрона и нейлона, и сегментных фланцев, воздействующих на упругий наполнитель.

Демпфирование системы происходит в камере демпфирования при помощи узлов или бус 5, укрепленных на нити и перемещающихся в силиконовой жидкости 6, заполняющей шнуровку. Регулирование амортизации и демпфирования приборной платы 8 в различных направлениях колебаний производится:

- изменением угла между шнуровками за счет перемещения подвижных элементов;
- изменением геометрических размеров нити 4, узлов 5, трубки 7;
- изменением числа подвижных узлов бус 5;
- изменением давления силиконовой жидкости в трубке упругого элемента 7;
- настройкой камеры демпфирования.

Такая система амортизации имеет следующие достоинства:

- высокая эффективность программирования амортизации и демпфирования соответственно режиму изделия;
- возможность оперативного регулирования амортизации и демпфирования в зависимости от массы устанавливаемого прибора (унификация приборной платы);
- действие амортизирующей нити в качестве термостата, что позволит эксплуатировать приборы в изделиях, содержащих криогенные

компоненты.

Высокие достоинства устройства для подвески приборов должны быть учтены при установке приборов.

8. Устройство для амортизации приборов при высоких (до 150) перегрузках изображено на рис.8 (номеров заявки или авторского свидетельства не обнаружено).

На боковых поверхностях прибора 1 выполнены углубления 2, а на силовой планке 3 выступы, на которые одеваются амортизирующие элементы 4, изготавливаемые из упругого материала (резины или "металлорезины" А. С. N183174).

Недостатком втулочных амортизаторов (А. С. N1191280) является то, что они устанавливаются в отдельных точках прибора и требуют значительного увеличения массы и габаритов амортизаторов. Поэтому при перегрузках 150 и более, действующих в различных направлениях, необходимо применять полосовые амортизаторы.

На рис.9...12 приведены примеры монтажа РЭА в отсеках ЛА.

Проведенный поиск и анализ научно-технической литературы, описание отечественных и зарубежных изобретений и заявок позволяет выявить перспективы технических решений по данной теме.

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать: варианты компоновки РЭА на летательном аппарате (рис.1,5,8,12).

Контрольные вопросы

1. Понятие компоновка.
2. Цель проведения компоновки и решаемые задачи на различных этапах проектирования (технические предложения, эскизное

проектирование, рабочее проектирование).

3. Требования, предъявляемые к компоновке.
4. Варианты компоновки РЭА, используемые на ЛА.
5. Преимущества и недостатки характерные для моноблоков РЭА, устанавливаемых в гермоотсеках.
6. Преимущества и недостатки характерные для РЭА, устанавливаемой "россыпью" в герметичном приборном отсеке.
7. Преимущества и недостатки, характерные для герметичных приборных контейнеров, помещенных в негерметичные.
8. Преимущества и недостатки у характерные для отдельных герметичных приборов, помещенных в негерметичный приборный отсек.
9. Как можно классифицировать повреждения РЭА в зависимости от ее местонахождения ?
10. Какие особенности компоновки РЭА используются при размещении ее на ЛА (см.рис.1.... 12) ?

Оглавление

1. Постановка задачи и место компоновочных работ
в процессе проектирования ЛА
2. Требования, предъявляемые к компоновке отсека
3. Варианты компоновки аппаратуры на изделии
4. Классификация повреждений РЭА
5. Контейнеры для размещения приборов
6. Содержание отчета
7. Контрольные вопросы

Рис. 2. Герметичный приборный отсек. Заявка №1584372.

1–оболочка, 2–шпангоут, 3–шпангоут, 4–корпус, 5–шпангоут ПО,
6–рама, 7–крышка, 8–задняя стенка, 9–обтекатель, 10–приборы,
11–амортизатор, 12–транзитная труба.

Рис.3 Заявка 1584542. Приборный отсек:

1–корпус, 2–крышка, 3– дно, 4–гермоплата, 5–приборы, 6–кронштейны.

Рис. 4. Приборный отсек. Заявка №1590562. 1–система
газового питания, 2–прибор, 3–корпус.

Рис. 5. Приборный контейнер. Заявка № 1596364:

1–корпус; 2–диафрагма; 3–вентиляторы–приборы.

Рис.7. Устройство для подвески приборов. Заявка №1584391:

1–регулирующие элементы; 2–отверстия; 3–упругий элемент; 4–капроновая
нить; 5–подвижный узел на нити; 6–наполнитель с регулирующим
давлением; 7–трубка образующая шнуровку; 8– приборная плата; 9– камера
демпфирования; 10–заполнитель; 11–корпус.