

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Высшая школа электроники и компьютерных наук  
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
Н.И. Войтович \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Разработка конструкции шита распределительного изделия ПРМГ-76УМ,  
работающего одновременно в отечественном и международном диапазонах  
частот.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-11.03.03.2018.542.00.00.ПЗ ВКР

Руководитель работы  
ведущий инженер

Гусева И.Н. \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы КЭ-480  
Стрелецкая А.М. \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер  
Юнгайтис Е.М. \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Стрелецкая Ангелина Михайловна. Разработка конструкции щита распределительного изделия ПРМГ-76УМ, работающего одновременно в отечественном и международном диапазонах частот. – Челябинск: ЮУрГУ, ВШЭКН; 2018, 60 с., 20 ил., библиогр. список – 11 наим., 7 прил., 7 листов чертежей ф. А1, 1 лист чертежа ф. А3

В выпускной квалификационной работе произведена разработка конструкции щита распределительного изделия ПРМГ-76УМ, предназначенного для коммутации напряжений источников питания, формирования базового напряжения 27 В и распределения его по потребителям.

В результате ВКР выполнена разработка: каркаса, корпуса, передней панели индикации и управления, а также произведена компоновка ЭРЭ внутри щита распределительного. Оформлена конструкторская документация на щит распределительный.

Для автоматизации процесса проектирования использовался программный пакет Autodesk Inventor Professional [4].

					<b>110303.2018.542.00.00ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Стрелецкая				Разработка конструкции щита распределительного изделия ПРМГ-76УМ.	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Гусева					2	60	
Реценз.						ЮУрГУ Кафедра КиПР		
Н. Контр.	Юнгайтис							
Утв.	Войтович							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	6
1.1 Принцип работы щита распределительного .....	6
1.2 Анализ конструкторских и технологических решений .....	11
1.3 Анализ серийно применяемых решений. Обеспечение унификации.....	13
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	15
2.1 Разработка каркаса щита распределительного .....	15
2.2 Разработка корпуса щита распределительного .....	22
2.3 Разработка передней панели с элементами индикации и управления .....	27
2.4 Компоновка ЭРЭ внутри щита  распределительного .....	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	37
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	39
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЩИТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ. СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ЩИТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В. КАРКАС. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. КАРКАС. СПЕЦИФИКАЦИЯ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ЩИТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ЩИТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ. СПЕЦИФИКАЦИЯ .....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ.....	59

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3

## ВВЕДЕНИЕ

Акционерное общество «Челябинский радиозавод «Полет» уже более 60 лет является базовым предприятием по выпуску наземного оборудования радиотехнического обеспечения полетов для аэродромов гражданской, государственной и экспериментальной авиации. На предприятии ведется серийное производство современных аэродромных радиолокаторов, радионавигационных маяков, посадочных систем.

Наземное оборудование системы инструментальной посадки дециметрового диапазона ПРМГ-76УМ предназначено для обеспечения захода на посадку днем и ночью на полевые и стационарные аэродромы с повышенной защитой от помех при работе в любых погодных условиях.

АО «ЧРЗ» Полет» проводит модернизацию изделия ПРМГ-76УМ. В связи с радикальными изменениями основной аппаратуры изделия ПРМГ-76УМ отпала необходимость в подаче на нее напряжения  $220 \text{ В} \pm 3 \%$  частотой 400 Гц. Следовательно, из ранее применяемого распределительного щита были исключены два статических преобразователя напряжений 27 В и 220 В частотой 400 Гц. Вместо вышеупомянутого переменного напряжения 220 В частотой 400 Гц на основную аппаратуру подается теперь постоянное напряжение + 27 В, поэтому в новый распределительный щит включены два модуля питания МАА 600-1С27.

Также в данный период времени перед нашим государством весьма остро встала проблема импортозамещения. В этой области задействовано огромное количество предприятий. Создание отечественных конкурентоспособных аналогов зарубежной продукции является одной из самых востребованных и перспективных областей как в радиоэлектронике, так и во многих других сферах производства.

В связи с вышеперечисленным возникла необходимость в усовершенствовании отдельных устройств и узлов радиоаппаратуры. Было

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

принято решение разработать новую конструкцию распределительного щита, который расположен внутри кузовов аппаратных ПРМГ-76УМ.

Разработка современной радиоэлектронной аппаратуры — сложный процесс, в ходе которого требования, предъявляемые к РЭА, постоянно ужесточаются. Основное требование при разработке РЭА состоит в том, чтобы создаваемое устройство было эффективнее своего аналога, то есть превосходило его по качеству функционирования, степени миниатюризации и технико-экономической целесообразности на базе отечественных радиоэлектронных компонентов.

Целью данной выпускной квалификационной работы являются: разработка каркаса, корпуса, панели управления и компоновка электрорадиоэлементов внутри щита распределительного. Результатом является оформление конструкторской документации на щит распределительный.

При разработке данного изделия было учтено существующее на предприятии технологическое оборудование, которое необходимо для изготовления и сборки изделия. Выбор элементов осуществлялся на основе применяемых в серийном производстве предприятия АО «ЧРЗ» Полет».

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

# 1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

## 1.1 Принцип работы щита распределительного

Щит распределительный предназначен для коммутации напряжений источников питания, формирования базового напряжения 27 В и распределения его по потребителям, таким как элементы освещения, элементы создания микроклимата, розетки для подключения внешнего оборудования, а также для ряда других вспомогательных функций.

Распределительный щит обеспечивает:

- выбор работы аппаратуры от различных источников питания;
- ручное включение устройств вентиляции, кондиционера и обогревателей аппаратной;
- индикацию работоспособности вторичных источников питания;
- включение и выключение освещения аппаратной, светомаскировки и светоограждения в режиме местного управления;
- заряд аккумуляторной батареи радиомаяка и отключение аккумуляторной батареи при уменьшении напряжения ниже 21,5 В;
- контроль питающих напряжений и тока заряда-разряда аккумуляторной батареи;
- выдачу сигналов информации о включении светоограждения на УВАР (устройство включения и автоматического резервирования) и панели индикации и управления ГРМ (глиссадный радиомаяк);
- защиту первичных источников питания и потребителей от перегрузок и коротких замыканий.

Режимы включения распределительного щита от питающих сетей:

- от внешней сети напряжением 220 В 50 Гц (основной и резервной);
- от автономной электростанции напряжением 220 В 50 Гц;

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- от штатной аккумуляторной батареи + 24 В при аварийном отключении напряжения сети;

- от внешнего источника питания + 27 В.

Для питания основной и вспомогательной аппаратуры используется стабильное напряжение + 27 В. К вспомогательному оборудованию относятся: аппаратура освещения аппаратной, светоограждения радиомаяка, вентиляторы, извещатели пожарные, кондиционер, обогреватели и охранная сигнализация.

На лицевой панели щита распределительного расположены:

- вольтметр (PV1) и переключатель «КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ», которые предназначены для контроля напряжений питающих сетей и напряжений вторичных источников питания + 27 В и 220 В 50 Гц;

- амперметр (РА1), обеспечивающий контроль тока заряда аккумуляторов при работе в буфере с «БП 1» и «БП 2»;

- светодиоды для индикации включенного/отключенного положения аппаратов щита;

- плавкие предохранители для защиты от токов короткого замыкания и длительных перегрузок;

- автоматические выключатели для оперативного включения и отключения различных электрических цепей.

Переключатель «ЗАРЯД АБ» и тумблер «ВКЛ ЗАРЯД АБ» предназначены для включения штатных аккумуляторных батарей (АБ) на заряд в ручном режиме. При этом контролируется время заряда (10 часов при зарядном токе 7,5 А), ток заряда (управление осуществляется с помощью резистора «Ток заряда» и контролируется амперметром (РА1)).

Для переключения режимов работы вентиляторов аппаратной предназначен переключатель «ВЕНТИЛЯТОР» «АВТ-ОТКЛ-РУЧН». Вентиляция служит для поддержания нормальных условий эксплуатации

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

аппаратуры радиомаяка. Вентиляторы аппаратной (вытяжной и нагнетающий) включаются принудительно при установке переключателя «ВЕНТИЛЯЦИЯ» в положение «РУЧН» и автоматически при температуре выше + 25°С в положении «АВТ».

Выключатель «ОТОПИТЕЛИ» предназначен для включения отопителей.

Выключатель «КОНДИЦИОНЕР» предназначен для включения кондиционера.

Выключатель «РОЗЕТКИ ~ 220 В» предназначен для подачи напряжения 220 В 50 Гц на розетки аппаратной.

Для подключения обогревателей, кондиционера и приборов имеются четыре розетки 220 В 50 Гц, которые защищены автоматическими выключателями «КОНДИЦИОНЕР», «ОТОПИТЕЛИ» и «РОЗЕТКИ~220 В».

Выключатель «ОСВЕЩЕНИЕ» предназначен для включения освещения аппаратной. При включенном тумблере «СВЕТОМАСКИРОВКА» освещение аппаратной автоматически выключается при открытии двери аппаратной.

Для питания ламп освещения аппаратной напряжение 27 В подается через тумблер «ОСВЕЩЕНИЕ». При включении тумблера «СВЕТОМАСКИРОВКА» и тумблера «ОСВЕЩЕНИЕ», лампы освещения аппаратной загораются только при закрытой двери, а при открывании двери лампы освещения аппаратной гаснут и загорается лампа светомаскировки с синим светофильтром. При отключении тумблера «СВЕТОМАСКИРОВКА», освещение управляется только тумблером «ОСВЕЩЕНИЕ».

Розетки «+ 27 В» предназначены для включения переносной лампы и паяльника.

При местном управлении радиомаяком ручное включение светоограждения производится с лицевой панели нажатием кнопки «СВЕТООГРАЖДЕНИЕ ВКЛ», а отключение – нажатием кнопки «СВЕТООГРАЖДЕНИЕ ОТКЛ». Предусмотрено дистанционное включение и отключение светоограждения радиомаяка.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8



Система светоограждения предназначена для включения и отключения заградительных огней изделия. Электрическая схема включения и отключения огней светоограждения приведена в схеме щита распределительного.

При появлении пожароопасной ситуации срабатывают пожарные извещатели. Датчик дыма выдает сигнал на отключение основной и резервной питающих сетей 220 В 50 Гц.

Внутри щита распределительного расположены вторичные источники питания (А2, А3 и А4), плата коммутации напряжения 27 В, плата коммутации напряжения 220 В, а также ряд устройств автоматики.

Для преобразования сетевого переменного напряжения от 187 до 264 В с частотой от 47 до 63 Гц в постоянное напряжение  $+ (27 \pm 1) В$  24 А внутри щита распределительного установлены два стабилизированных источника питания (А2, А3) мощностью 600 Вт каждый, включенные параллельно и обеспечивающие резерв 100 %.

Блоки питания (А2 и А3) могут включаться при местном и дистанционном управлении, в зависимости от положения переключателя «М ВКЛ - Д ВКЛ» на панели управления.

С выводов Х1.2 блоков питания (А2, А3) напряжение  $+ 27 В$  поступает через контакты выключателя « $+27 В$  БП1(2)» на плату коммутации напряжения 27 В (А5) и далее к потребителям.

Параллельно со стабилизированными источниками питания включена батарея аккумуляторов 6СТ-75 ЭМ, предназначенная для бесперебойного снабжения электропитанием ГРМ в течение не менее 15 мин при пропадании как основной, так и резервной сети 220 В 50 Гц. За это время запускается двигатель электроагрегата (электростанции), пакетный переключатель «ЭЛ. СТАНЦИЯ – СЕТЬ РЕЗЕРВН» на распределительном щите устанавливается в положение «ЭЛ. СТАНЦИЯ», и затем маяк перейдет на энергоснабжение от электростанции.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

Щит распределительный обеспечивает батарею аккумуляторов зарядом, а также автоматически переключает на питание аппаратуры от аккумуляторной батареи при пропадании как основной, так и резервной сети 220 В 50 Гц и автоматически отключает при снижении напряжения на аккумуляторах до 22,0 В.

В случае питания аппаратуры от аккумуляторной батареи напряжение поступает соответственно на клеммы 1 и 2 платы соединительной (ХТ7) и через выключатель «АККУМ», контакты 1 и 2 твердотельного реле (DA3) и диод (VD1) на нагрузку 27 В.

С появлением напряжения 220 В 50 Гц включаются стабилизированные модули питания 27 В, расположенные в распределительном щите. Напряжение + 27 В подается на основной и резервный комплект аппаратуры.

Напряжение 220 В 50 Гц имеется на входных колодках щита распределительного, на контактах твердотельных реле (DA1, DA2), на плате коммутации напряжения 220 В, на контактах пакетного переключателя «СЕТЬ РЕЗЕРВН-ЭЛ. СТАНЦИЯ», на выключателях «СЕТЬ ОСН», «СЕТЬ РЕЗ», «ОБОГРЕВАТЕЛИ», «КОНДИЦИОНЕР» и других элементах схемы.

В случае питания аппаратуры от внешней сети напряжение основной сети 220 В 50 Гц поступает на клеммы 1, 2 платы соединительной (ХТ1) и далее на контакты выключателя «СЕТЬ ОСН». Через контакты 1, 2 твердотельного реле (DA1), контакты выключателей «БП 1», «БП2» и фильтры (L1, L2) напряжение основной сети поступает на вторичные источники питания (A2, A3).

Напряжение резервной сети 220 В 50 Гц поступает на клеммы 3, 4 платы соединительной (ХТ1) и далее через контакты переключателя "СЕТЬ РЕЗЕРВН-ЭЛ СТАНЦИЯ" на контакты выключателя «СЕТЬ РЕЗ». Через контакты 1, 2 твердотельного реле (DA2), через контакты выключателей «БП 1», «БП2» и фильтры (L1, L2) напряжение резервной сети поступает на вторичные источники питания (A2, A3).

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

Управление автоматическим включением (переключением) питания щита распределительного от сети 220 В 50 Гц (основной или резервной) осуществляется с платы коммутации напряжения 220 В (А1).

В случае питания аппаратуры от аккумуляторной батареи напряжение поступает соответственно на клеммы 1, 2 платы соединительной ХТ4 и через выключатель «АККУМ–ОТКЛ» на нагрузку 27 В [7].

Что касается требований по воздействиям климатических факторов внешней среды, то согласно техническому заданию щит распределительный разрабатывается в климатическом исполнении УХЛ и имеет категорию размещения 4 по ГОСТ 15150-69.

Климатическое исполнение электрооборудования УХЛ – это умеренный и холодный климат ( $- 60...+ 50 \text{ C}^\circ$ ), а категория размещения 4 означает, что разрабатываемое устройство предназначено для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги).

## 1.2. Анализ конструкторских и технологических решений

Известны габаритные размеры ранее применяемого щита, таким образом, габариты разрабатываемого щита должны иметь размеры не более 924x644x450 мм. Данные размеры позволяют разместить в нем все необходимые элементы.

Наиболее простой и надежный способ обеспечения нормального теплового режима радиоэлектронной аппаратуры – это использование естественного воздушного охлаждения. Таким образом, боковые и передние обшивки должны быть с вентиляционными отверстиями для охлаждения ЭРЭ, находящихся внутри щита.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Для того, чтобы обеспечить оперативный доступ к ЭРЭ, находящимся внутри щита, на каркасе предусмотрены отверстия с зенковкой для последующей установки в них развальцовочных резьбовых втулок. Такое конструктивное решение позволяет быстро осуществлять установку и разборку обшивок каркаса, а также модулей, размещенных внутри корпуса.

Элементы управления и индикации расположены на передней панели. Панель должна быть выполнена в виде двери, чтобы обеспечивать удобный и быстрый доступ ко всем элементам схемы для ремонта или замены вышедших из строя ЭРЭ в случае необходимости.

Для обеспечения надежного функционирования полупроводниковых приборов и источников питания, необходимо поддерживать нормальный тепловой режим. Для эффективного отвода тепла используются радиаторы.

Тепло, выделяемое модулями питания МАА отдается в окружающую среду посредством естественной конвекции. Для снятия полной мощности во всём диапазоне температур корпуса модуля устанавливается радиатор. Радиатор охлаждения выбирался исходя из рекомендаций производителя модулей вторичного электропитания «Александр Электрик источники электропитания». Таким образом, допускается установка модулей на теплоотводы любой конструкции. Необходимая площадь поверхности теплоотвода, обеспечивающая допустимый перегрев, зависит от многих факторов: высоты ребер радиатора, расстояния между ребрами, толщины основания и пр. Тепловые расчеты в этих условиях крайне сложны. Целесообразно для модулей использовать специальные радиаторы. Для модулей серии МАА выпускается несколько типов стандартных радиаторов охлаждения для применения вместе с модулями, размеры основания которых соответствуют размерам модуля [11].

На передней панели должна быть нанесена маркировка в виде обозначения распределительного щита и его заводского номера, а также на ящиках для документации должна быть нанесена надпись: «ЯЩИК 1» и «ЯЩИК 2».

Надписи на планках выполняются методом лазерного маркирования шрифтом 10-Пр3 по ГОСТ 26.020-80. Покрытие лицевой поверхности планки:

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

краска порошковая полиэфирная RAL 9005 черная, глянцевая. После маркирования поверхность покрывается лаком АК-113, УХЛ1 ГОСТ 23832-79.

Все позиционные обозначения (ХР1, А1, А2, А3, ХТ3) и обозначения на лицевой панели маркируются краской МКЭ черной по ОСТ 107.9.4003-96. Шрифт 3-Пр3 ГОСТ 26.020-80, кроме оговоренных особо.

### 1.3. Анализ серийно применяемых решений. Обеспечение унификации.

Согласно ГОСТ 23945.0-80: «Унификация изделий — приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей».

Принципы унификации позволяют:

- устранить излишнее многообразие изделий и их составных частей;
- повысить серийность операций и выпуска изделий;
- удешевить производство;
- сократить сроки проектирования;
- обеспечить высокое качество изделий;
- обеспечить взаимозаменяемость изделий и их составных частей.

Унификация в процессе конструирования изделия — это многократное применение в конструкции одних и тех же деталей, узлов, форм поверхностей. Унификации изделий может предшествовать их типизация — выделение типовых изделий и типовых проектов.

В конструкторской унификации можно выделить следующие основные направления:

1) Создание универсальных конструкций на базе передового опыта разработки определенного типа систем; высшей формой универсализации конструкций является их стандартизация.

2) Соблюдение преемственности конструкторских решений, которая проявляется в заимствовании составных частей изделий из одной конструкции в другую. Преемственность составных частей имеет две разновидности: заимствование их предыдущих разработок, одна из которых может быть базовой;

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	110303.2018.542.00.00ПЗ				

заимствование в рамках разрабатываемой конструкции и из других одновременно создаваемых изделий.

Все распределительные щиты основываются на единообразии элементов конструкции, что делает производство экономически выгодным. Все щиты обеспечены панелью управления, которая состоит из индикаторов, переключателей и измерительных приборов. Для электромонтажа используются кабельные жгуты [8].

Выбор механических элементов осуществляется на основе применяемых в серийном производстве предприятия АО «ЧРЗ «Полет».

На данном предприятии изготавливаются:

- ручки АВ8.671.064, устанавливаемые на ящики для документации и лицевую панель индикации и управления;
- невыпадающие винты ТЖ8.916.052-02;
- петли ТЖ4.400.055;
- втулки ЮПИЯ, устанавливаемые на каркас;

Для того, чтобы повысить скорость проектирования конструктивных систем, а также снизить затраты на их производство, элементы несущих конструкций выполняются на основе стандартных профилей: угольников, тавров, швеллеров из алюминиевых сплавов.

Все крепежные изделия: шайбы, винты, заклепки, являются стандартными.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

## 2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

Перед началом проектирования должно быть принято решение о том, в каком корпусе будет выполнено устройство и как в данное устройство будут устанавливаться элементы.

Компоновка – это процесс создания из отдельных составных частей функционально законченной конструкции устройства или системы. В процессе компоновки осуществляется решение следующих вопросов:

- 1) Выбор корпуса устройства с учетом заданных условий эксплуатации;
- 2) Обеспечение устойчивости к дестабилизирующим воздействиям (влаге, пыли, вибрации, электромагнитным помехам и др.);
- 3) Выбор типов и мест расположения элементов индикации с учетом эксплуатационных и эргономических требований;
- 4) Распределение электронных компонентов по платам (основаниям);
- 5) Обеспечение охлаждения конструкции в целом и его отдельных элементов;
- 6) Компоновка составных частей внутри корпуса.

Компоновку обычно выделяют в отдельный этап разработки изделия, однако некоторые ее элементы можно обнаружить на любом этапе разработки электронной аппаратуры, в связи с постоянной оптимизацией изделия [5].

Графическая компоновка – это детальная проработка пространственного размещения элементов конструкции, производящаяся путем вычерчивания на экране компьютера. Результатом графической компоновки является чертеж устройства [1].

### 2.1 Разработка каркаса

Несущие конструкции предназначены для механического закрепления, защиты и обеспечения доступности схемных элементов при сборке и эксплуатации РЭА.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

При разработке несущей конструкции РЭА основными исходными требованиями являются: механическая прочность, жесткость и долговечность; надежность механических соединений; эффективность использования конструкционных материалов [6].

На основе ранее применяемого распределительного щита от изделия ПРМГ-76УМ ТБИС.468365.004 будет производиться разработка каркаса. Таким образом, известны габариты каркаса: 920x644x450 мм, а также место, где размещаются ящики для документации.

Каркас представляет собой сварную конструкцию, состоящую из швеллеров, угловых и тавровых профилей из алюминиево-магниевого сплава толщиной 2-3 мм. Преимуществом алюминиево-магниевого сплава является то, что это легкий, прочный, пластичный, устойчивый к атмосферным воздействиям и коррозии материал.

Использование в каркасах открытых профилей упрощает конструкцию, позволяет легко осуществить сварку, образование креплений модулей, укладку монтажных жгутов.

Сварные соединения являются наиболее совершенными неразъемными соединениями. Прочность сварных соединений при статических и ударных нагрузках доведена до прочности деталей из цельного металла. Применение сварки уменьшает трудоемкость, снижает вес и себестоимость несущей конструкции в сравнении с другими видами соединений [10].

Каркас состоит из двух боковин, нижнего и верхнего оснований. Нижнее основание состоит из трех сваренных встык угольников, образующих угол 90°, а верхнее основание представляет собой стыковое соединение четырех сваренных угольников со скосом кромок под углом 45°.

Устойчивость изделия и возможность его жесткого крепления к основанию в аппаратной обеспечиваются с помощью двух горизонтальных угольников в нижнем основании каркаса, которые крепятся к основанию с помощью стандартных крепежных деталей.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16



Ящики для документации располагаются в правой верхней части каркаса, для каждого из которых предназначаются по три угольника, на которые они будут установлены.

Передняя панель управления и индикации будет находиться в левой верхней части каркаса, а внутри щита будут устанавливаться все необходимые модули.

На рисунке 1 представлена несущая конструкция каркаса.

#### Рисунок 1 - Несущая конструкция каркаса

Для удобства монтажа и последующего ремонта модули должны находиться в передней нижней части каркаса за обшивками. В левой части выбранной области каркаса будут устанавливаться следующие модули: плата коммутации 27 В, плата коммутации 220 В, твердотельные реле 5П19.10ТС1.

Известны габариты платы коммутации 27 В: 190x140 мм. Розетка СНП34С-90/135 на данной плате устанавливается в вилку СНО58-90/135. К вилке подключаются монтажные провода и кабели, поэтому необходимо выделить для установки платы и вилки дополнительное место не менее 190x230 мм. Зазор обеспечивает горизонтальный швеллер, который не доходит 50 мм до края.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

Швеллер сваривается с перпендикулярно проложенным угольником в нижнем основании каркаса. Для соединения крайнего горизонтального угольника в нижнем основании каркаса и горизонтального угольника, с которым сварен швеллер, служит планка 50x50 мм, которая сваривается вместе с ними.

Также известны габариты платы коммутации 220 В: 190x75 мм. На плате установлена розетка РП10-15ЛП, к которой подводится кабель. Для установки этого модуля необходимо выделить место не менее 190x125 мм.

Два твердотельных реле 5П19.10ТС1 предназначены для коммутации нагрузок, снижения токов потребления и повышения надежности устройств. Для их установки потребуется место не менее 130x100 мм, для удобства монтажа реле будут установлены перпендикулярно платам коммутации.

Также необходимо разместить следующие ЭРЭ: диоды и радиаторы, соединительную плату, имеющую габариты 108x32 мм и пакетный переключатель ПП51-2421 с габаритами 88x100x83 мм. Эти элементы будут размещаться в правой части каркаса.

Таким образом, модули будут устанавливаться в ряд на горизонтальных швеллерах в нижнем основании каркаса. На рисунке 2 представлена описываемая конструкция.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

Рисунок 2 - Разработка нижнего основания каркаса

В средней части каркаса также размещаются модули и элементы электрического монтажа, для этого добавляются еще четыре угольника и тавр, соединяющий центр каркаса и верхнее основание (рис.3).

В этой области будут размещены: радиатор, три модуля питания, соединительные платы, розетка 2РМТ42650Г2В1В, два резистора С5-35В, два дросселя Д19-7А, монтажная планка (ХТ9), твердотельное реле 5П20.10П1.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### Рисунок 3 - Разработка средней части каркаса

Для увеличения жесткости конструкции были добавлены два угольника с задней стороны каркаса, связывающие боковые и среднюю части по диагонали (рис.5,6).

Для установки радиатора с габаритами 620x200x12 мм потребуются угольники в верхнем и нижнем основании, а для придания жесткости один вертикальный угольник, связывающий эти основания (рис.5,6).

Согласно техническому заданию конструкция должна быть обеспечена защитным заземлением. Функцию заземления выполняет клемма К6-2,8 СКИД, выполненная по ОСТ 4.209.007-82. Клемма устанавливается в левой части каркаса на угловой профиль. Клеммы изготавливаются из легированной стали 30ХГСА. Каркас с клеммой заземления представлены на рисунке 4.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

Рисунок 4 - Каркас с клеммой заземления СКИД

На этом этапе разработку каркаса можно считать выполненной. На рисунках 5 и 6 представлены заключительные этапы разработки каркаса щита распределительного.

Рисунок 5 - Каркас с передней стороны

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

#### Рисунок 6 - Каркас с задней стороны

Таким образом, можно сделать вывод, что разрабатываемый каркас характеризуется простотой конструкции, достаточной прочностью для данных размеров конструкции, отсутствием необходимости в специальном оборудовании при ее изготовлении. Результатом разработки каркаса щита распределительного являются: сборочный чертеж и спецификация.

#### 2.2 Разработка корпуса щита распределительного.

При разработке корпуса следует учитывать следующие конструктивные требования:

- 1) Элементы индикации и управления должны быть расположены на лицевой панели;
- 2) Каркас должен с боковых и передней сторон закрыт обшивками;
- 3) Боковые и передние обшивки должны быть обеспечены вентиляционными отверстиями в виде жалюзи;
- 4) Верхняя часть шкафа должна быть выполнена в виде стола, который будет использоваться для установки приборов.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

5) Ящики для документации должны быть установлены в правой верхней части каркаса.

На всех обшивках предусмотрены жалюзи для естественной вентиляции ЭРЭ.

Нижняя левая сторона каркаса закрывается обшивкой с размерами 227x513 мм, за которой находятся платы коммутации 27 В и 220 В и два твердотельных реле (рис.7).

Рисунок 7 - Передняя обшивка левой стороны каркаса

На правой стороне каркаса устанавливается обшивка, представленная на рисунке 8. За обшивкой установлены модули и пакетный переключатель. Для доступа к переключателю предусмотрена крышка, устанавливаемая на петли ТЖ4.400.055, изготавливаемые на предприятии. На крышке предусмотрена втулка ЮПИЯ для фиксации с помощью стандартного винта 2.М4-6g ГОСТ 17475-80.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

Рисунок 8 - Передняя обшивка правой стороны каркаса

С боковых сторон каркас закрывается одинаковой обшивкой 436x628 мм, представленной на рисунке 9. На этой обшивке предусмотрены два ряда жалюзи.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Рисунок 9 - Боковая обшивка

Все обшивки крепятся с помощью винтов с потайной головкой 2.М4-6g ГОСТ 17475-80, которые устанавливаются в резьбовые втулки ЮПИЯ.

Верхняя часть щита представляет собой крышку с размерами 920x490 мм, состоящую из двух слоев: алюминиевый лист толщиной 3 мм и слой линолеума толщиной 2 мм. Линолеум поливинилхлоридный В ГОСТ 7251-77 и алюминиевый лист скрепляются между собой восемнадцатью заклепками 3x8.37.10 ГОСТ 10299-80.

По периметру этих слоев проложены четыре угольника, три из которых крепятся к каркасу с помощью стандартных крепежных элементов. Четвертый горизонтальный угольник скрепляет лист металла и линолеума семью винтами с потайной головкой ГОСТ 17475-80 (рис.10).

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Рисунок 10 - Крышка корпуса

Ящики для документации, изготавливаемые на предприятии, устанавливаются на направляющие, предусмотренные на каркасе. Для фиксации ящиков служат штыри-ловители на задней стенке ящиков.

Ящики открываются с помощью ручки АВ8.671.064.

На ящики крепятся планки с надписями: «ЯЩИК 1», «ЯЩИК 2» с помощью заклепок 2x8.37 ГОСТ 10299-80.

Рисунок 11 - Ящик для документации

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

### 2.3 Разработка панели управления

Разработку лицевой панели производят с учетом требований эргономики и технической эстетики. Органы управления располагаются так, чтобы при выполнении типовых манипуляций движения руки оператора при переходе от одного органа к другому носили упорядоченный характер (например, слева направо).

Панель индикации и управления располагается в верхней передней части корпуса щита распределительного. Толщина панели составляет 4 мм.

К панели и каркасу крепятся петли ТЖ4.400.055 с помощью стандартных крепежных элементов. Таким образом, панель выполняет функцию двери.

Панель открывается с помощью ручки АВ8.671.064.

Для того, чтобы жестко закрепить панель, используются невыпадающие винты ТЖ8.916.052-02, соединяющие панель с каркасом, на котором предусмотрены резьбовые втулки. Такое конструкторское решение позволяет оперативно блокировать/разблокировать панель. На рисунке 12 представлена открывающаяся панель.

Рисунок 12 - Открывающаяся панель щита распределительного

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

Органы управления, а также индикаторы для контроля напряжения (тока) питания основного и вспомогательного оборудования расположены на лицевой панели распределительного щита. На этой панели выполнены отверстия для установки всех необходимых элементов, а также отверстия, предназначенные для крепления панели к основной конструкции - к каркасу.

На лицевой панели установлены элементы схемы с соответствующими гравировками (рис.13).

Рисунок 13 – Панель индикации и управления с лицевой стороны

Элементы, расположенные на задней стороне панели – это измерительный шунт 75 ШИСВ-50-0,5, предназначенный для расширения диапазона измерений вольтметра и монтажная планка (ХТ8), которые крепятся к панели стандартными крепежными элементами.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

Реле РЭК 134В-019-01 устанавливается на скобу и крепится к панели с помощью стандартных крепежных элементов.

Автоматические выключатели OptiDin VM63 также устанавливаются с задней стороны панели на DIN-рейки с помощью оттягивающих защелок, которые фиксируют выключатели. DIN-рейки и скоба, к которой они крепятся, устанавливаются с помощью стандартных крепежных элементов. Такое конструкторское решение обеспечивает удобную и простую установку выключателей.

На рисунке 14 представлена панель с задней стороны.

Рисунок 14 – Панель индикации и управления с задней стороны

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 2.4 Компоновка ЭРЭ

Компоновка – часть процесса конструирования, при котором определяются конфигурация и габариты изделия в целом и его составных частей, а также взаимное расположение отдельных деталей, узлов.

Компоновка ЭРЭ производится исходя из схемы электрической принципиальной и должна удовлетворять всем требованиям ТЗ.

Плата соединительная 4ПС22-4 устанавливается на основание, которое крепится с помощью стандартных крепежных элементов к каркасу, как представлено на рисунке 18.

Диоды 2Д2997А с фланцами устанавливаются с помощью стандартных крепежных элементов на радиаторы СКИД, выполненные по ОСТ4.ГО.865.002. Радиаторы обеспечивают снижение температуры корпуса диодов. Выводы диодов устанавливаются на лепестки, закрепляемые винтами. Для изоляции крепежных винтов предусмотрены диэлектрические втулки. На каждом радиаторе предусмотрены по два глухих отверстия. В эти отверстия устанавливаются винты, соединяющие радиатор с алюминиевыми планками и диэлектрическое основание (рис.15). Алюминиевые планки служат для повышения эффективности отвода тепла. Стеклотекстолитовое основание обеспечивает электрическую изоляцию от проводящих поверхностей. На этом основании предусмотрены отверстия для соединения с каркасом с помощью стандартных крепежных элементов (рис.18). Диоды, радиаторы и планки ставятся на теплопроводящую пасту КТП-8 ГОСТ 19783-74.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		30

Рисунок 15 – Основание с диодами

Платы коммутации напряжений 27 В и 220 В устанавливаются непосредственно на каркас с помощью стандартных крепежных элементов, а вилка, предназначенная для платы коммутации 27 В, устанавливается на угольник, который крепится к каркасу (рис. 18).

Два твердотельных реле 5П19.10ТС1 крепятся к двум металлическим основаниям с помощью стандартных крепежных элементов. Необходимо обеспечить зазор между контактами реле и кронштейном, с помощью которого реле будут крепиться к каркасу. Зазор обеспечивают диэлектрические колонки, которые соединяют два металлических основания (на котором установлены реле) с кронштейном. Колонки имеют с двух сторон глухие отверстия, в которые устанавливаются винты. На кронштейне между колонками устанавливается диэлектрическое основание для изоляции контактов реле. Сам кронштейн крепится к каркасу с помощью стандартных крепежных элементов (рис.16).

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

Рисунок 16 – Кронштейн с твердотельными реле

Пакетный переключатель ПП51-2421 предназначен для работы в качестве вводного выключателя, переключателя цепей управления и распределения энергии. Переключатель, имеющий габариты 88x100x83 мм, устанавливается в скобу (рис.17) и крепится с помощью нее к каркасу стандартными крепежными элементами (рис.18).

Скоба выполнена с отбортовками для придания жесткости. На двух полках имеются 4 отверстия, куда устанавливаются стандартные винты и крепят скобу к каркасу. Такое конструктивное решение обеспечивает устойчивость скобы к деформациям.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



Рисунок 17 – Скоба с пакетным переключателем ПП51-2421

Компоновка всех элементов, расположенных в нижней передней части корпуса представлена на рисунке 18.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 18 – Компоновка элементов в нижней части конструкции

Следующим этапом будет производиться компоновка элементов в средней части щита за лицевой панелью.

Радиатор предназначен для отвода тепла с двух модулей питания мощностью 600 Вт и модуля питания мощностью 50 Вт. Все модули питания устанавливаются на пасту КПТ-8 ГОСТ 19783-74 с неоребренной стороны радиатора и крепятся к нему с помощью стандартных крепежных деталей, как представлено на рисунках 19, 20.

Плата с розеткой 2PMT42B50Г2В1В и резисторами С5-35В, основание с тремя соединительными платами ЗПС21-10 и двумя соединительными платами 4ПС22-4, плата с монтажной планкой и твердотельным реле, плата с дросселями устанавливаются с помощью стандартных крепежных деталей, также представлено на рисунке 19.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Рисунок 19 – Компоновка элементов в средней части конструкции

Компоновка всех элементов представлена на рисунке 19.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

Рисунок 20 – Компоновка элементов внутри щита распределительного

Таким образом, на данном этапе компоновка считается выполненной, все необходимые ЭРЭ были размещены. Электронные компоненты распределены по платам (основаниям), с помощью которых компоненты крепятся к каркасу. Защитой от непосредственного прикосновения оператора к токонесущим элементам служат диэлектрические основания и втулки. Предусмотрена система охлаждения для полупроводниковых приборов и источников питания.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выпускной квалификационной работы является спроектированный щит распределительный для изделия ПРМГ-76УМ. Была произведена разработка: каркаса, корпуса, панели управления и индикации, а также выполнена компоновка ЭРЭ и создана трехмерная модель устройства.

Произведен анализ технического задания, все требования которого были выполнены при разработке. Также была проанализирована схема электрическая принципиальная, на основе которой производилась компоновка ЭРЭ внутри щита распределительного, разработка корпуса и панели управления и индикации.

Конструкция щита распределительного обеспечивает удобный доступ к расположенным в нем элементам РЭА для контроля за техническим состоянием, поиска и устранения неисправностей. Разработанный щит распределительный имеет несложную конструкцию, которая позволяет разместить в нем все необходимые элементы.

Разработка данного устройства основана на принципах унификации, таким образом, была соблюдена преемственность конструкторских решений, в связи с чем были заимствованы: предыдущая разработка ранее применяемого устройства и разработанные на предприятии типовые устройства. Также было учтено существующее на предприятии технологическое оборудование, которое необходимо для изготовления и сборки изделия. В связи с этим отсутствует необходимость в специальном оборудовании при изготовлении данного устройства. Выбор элементов осуществлялся на основе применяемых в серийном производстве предприятия АО «ЧРЗ» Полет».

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанное устройство превосходит по качеству функционирования своего аналога, степени миниатюризации и технико-экономической целесообразности на базе отечественных радиоэлектронных компонентов.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

Представлен комплект графического материала, который содержит: трехмерную модель щита распределительного и компоновку РЭА внутри щита распределительного.

Разработан комплект конструкторской документация на щит распределительный и входящих в его состав деталей.

Разработанный распределительный щит послужит основой для последующей разработки распределительного щита, обеспечивающего питание аппаратуры от трехфазной сети  $380 \text{ В} \pm 10 \%$   $50 \text{ Гц} \pm 10 \%$  штатной электростанции при последующей модернизации изделия ПРМГ-76УМ.

Также при выполнении данной ВКР были закреплены навыки работы в системе Autodesk Inventor Professional.

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Варламов, Р. Г. Справочник конструктора РЭА: общие принципы конструирования / Р. Г. Варламов. – М. : Радио и связь, 1980. – 480 с.

2 ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

3 ГОСТ 2.312-72. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 14 с.

4 Зиновьев, Д.В. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016 / М.И. Азанов. – Москва: Изд-во ДМК-Пресс, 2016. – 259 с.

5 Медведев, В.А. Конструирование и технология производства электронных устройств: учебное пособие / В. А. Медведев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 70 с.

6 Поляков, К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры / К. П. Поляков. – М. : Радио и связь, 1982 . – 240 с.

7 Радиомаяк глассадный. Руководство по эксплуатации. АО «ЧРЗ» Полет».

8 Радиотехническая и электронная аппаратура. Общие технические условия. АО «ЧРЗ» Полет».

9 СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт предприятия. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к оформлению. / Составители: Т.И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

10 Шимкович, А.А. Проектирование несущих конструкций электронных устройств: учебное пособие / А.А.Шимкович. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2003. – 308 с.

11 Модули питания серий МАА (МДД), МАА-П. Руководящие технические материалы БКЮС.430501.002 Д1. ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания».

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Щит распределительный. Схема электрическая принципиальная

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Щит распределительный. Перечень элементов

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
Каркас. Сборочный чертеж

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		42

ПРИЛОЖЕНИЕ Г  
Каркас. Спецификация

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Щит распределительный. Сборочный чертеж

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Щит распределительный. Сборочный чертеж

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Чертежи деталей

					110303.2018.542.00.00ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46