МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федерального государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
Факультет ***«электротехнический»***
Кафедра ***«автоматики»***
Направление подготовки ***27.03.04 «Управление в технических системах»***

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Голощапов С.С.
«_____» _____2020 г.

Блок питания датчиков
(тема)
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2020.527.00.00 ПЗ ВКР

**Нормоконтроль**
Старший преподаватель
_____ / Елисеев В.П.
«_____» _____ 20 г.

**Автор ВКР**
студент группы МиЭт-527
_____ / Расторгуева А.А. /
«_____» _____20 г.

**Консультант работы**
Ведущий инженер
_____ / Брагин Д.С. /
«_____» _____ 20 г.

**Руководитель работы**
зав. кафедрой, к.т.н.доцент
_____ / Голощапов С.С. /
«_____» _____ 20 г.

**Начальник отдела № 121**
_____
_____/ Мерзляков С.В. /
«_____» _____20 г.

**Директор ЦНПП АО «ГРЦ Макеева»**
_____
_____/ Усачев Д.В. /
«_____» _____20 г.

Миасс 2020

# АННОТАЦИЯ

Расторгуева А.А. Блок питания датчиков. – Миасс ЮУрГУ, ЭТФ, МиЭТ-527; 2020, 66 страниц, библиографический список – 15 наименований, 4 приложения, 10 слайдов.


В квалификационной работе проанализирован состав имеющегося прибора на иностранной электронно-компонентной базе, его особенности.

На основании анализа была разработана схема функциональная блока питания датчиков.

Были исследованы различные электронные компоненты, разрабатываемые и изготавливающиеся на территории Российской Федерации.

Разработана принципиальная электрическая схема с учетом анализа отечественной электронной компонентной базы. Подобраны реальные компоненты изготавливающиеся в настоящее время на территории Российской Федерации, что отражено в спецификации к принципиальной электрической схеме.

Проработаны блок схемы работы прибора, микроконтроллера и приема-передачи данных.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1.1 Историческая справка 7

1.2 Деятельность предприятия на сегодняшний день 10

1.3 Работа конструкторского бюро, его структура 14

1.4 Телеметрия, ее развитие на базе АО "ГРЦ Макеева" 18

1.5 Структура системы измерений 21

1.6 Задача ВКР 26

1.7 Анализ технического задания 27

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1Описание и принцип работы 29

2.2 Устройство и работа БПД на иностранной электронно-компонентной базе 32

2.3 Обзор электронно-компонентной базы имеющегося прибора 35

2.4 Проблемы разработки прибора на отечественной ЭКБ 38

2.5 Разработка структурной схемы 42

2.6 Разработка функциональной схемы, ее описание 43

2.7 Подбор отечественной ЭКБ и разработка схемы электрической принципиальной 46

Заключение 64

Список принятых сокращений 65

Библиографический список 66

Введение

1.1 Историческая справка

Этапы становления и развития конструкторского бюро в городе Миасс.

Правительственным решением от 16 декабря 1947 г. в г. Златоусте при заводе № 66 было создано Специальное конструкторское бюро по ракетам дальнего действия с лабораториями и опытным цехом, с 1948 г. – Специальное конструкторское бюро № 385 (СКБ-385). До 1956 г. СКБ-385 занималось освоением серийного производства ракет разработки ОКБ-1, возглавляемого С.П. Королевым. В 1956 г. по постановлению Совета Министров СССР СКБ-385 начало самостоятельные разработки. В 1959 г. предприятие перебазировано в г. Миасс, а в 1966 г. было переименовано в Конструкторское бюро машиностроения (КБМ). На основе КБМ в 1993 г. создан Государственный ракетный центр «КБ им. академика В. П. Макеева».[1]

Макеев Виктор Петрович в 1955г по предложению С.П. Королева назначен главным конструктором СКБ-385 (впоследствии - КБ машиностроения). С 1963г начальник предприятия и главный конструктор, с 1977г – начальник КБ машиностроения и генеральный конструктор. Под его руководством КБ машиностроения стало ведущей научно-конструкторской организацией страны, сформировалась разветвленная кооперация НИИ, КБ, заводов-изготовителей, испытательных полигонов, решавшая задачи разработки, изготовления и испытания ракетных комплексов для Военно-Морского Флота.[2]

Указом Президиума Верховного Совета СССР («закрытым») от 17 июня 1961 года за выдающиеся заслуги в создании образцов ракетной техники и обеспечении успешного полета человека в космическое

пространство Макееву В.П. присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп» и «Молот».[1]

Результат деятельности В.П. Макеева, руководимого им КБ и обширной кооперации предприятий – три поколения морских ракетных комплексов, принятых на вооружение ВМФ страны. В их числе комплексы с ракетами: Р-21 –первой ракетой с подводным стартом (1963г); Р-27 – первой ракетой с заводской заправкой топливом (1968г), ставшей наиболее массовой отечественной БРПЛ; Р-29 – первой морской межконтинентальной ракетой (1974г); Р-29Р – первой морской межконтинентальной ракетой с разделяющейся головной частью (1977г); Р-39 – первой отечественной твердотопливной БРПЛ межконтинентальной дальности стрельбы с разделяющейся головной частью (1983г); Р-29РМ - БРПЛ наивысшего в мире энерго-массового совершенства. В 1962 году КБ был сдан на вооружение сухопутный оперативно-тактический комплекс с ракетой Р-17, стартующей с самоходного стартового агрегата, известной под кодовым наименованием НАТО Scud B. [1]

Отечественная школа морского ракетостроения, создателем и руководителем которой был В.П. Макеев, достигла мирового приоритета в ряде тактико-технических характеристик и конструктивно-компоновочных решений по ракетам, системам управления, стартовым системам. Основные приоритетные решения: размещение двигателей внутри баков горючего или окислителя, практически полное исключение объемов ракеты, не используемы под топливо, применение астрорадиокоррекции на боевых ракетах, использование поясной амортизации из эластомерных материалов, заводская заправка топливом с ампулизацией баков. Под его руководством создана уникальная лабораторно-экспериментальная база, обеспечивающая комплексную наземную обработку ракет. [3]

Автор 32 основополагающих изобретений, более 200 печатных работ, в том числе монографий. В.П. Макеев вел большую преподавательскую работу, руководил аспирантурой. С 1960 по 1981 год - профессор, заведующий кафедрой летательных аппаратов в Челябинском политехническом институте, с 1981 года – заведующий кафедрой проблем энергомашиностроения Московского физико-технического института. [3]

## 1.2 Деятельность предприятия на сегодняшний день

Сегодня ГРЦ продолжает осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию стратегических ракетных комплексов, перспективных ракетно-космических комплексов, космических аппаратов научного и народнохозяйственного назначения и пр.

АО «ГРЦ Макеева» работает с кооперацией НИИ и КБ, опытных заводов, полигонов, участвующих в создании, изготовлении и лётных испытаниях ракетно-космической техники. Одним из направлений конверсионного использования экспериментальной базы стало создание Испытательного центра сертификации. Центр аккредитован на проведение сертификационных испытаний продукции электротехники, машиностроения, медицинского инструмента и оборудования; ракет-носителей, полезных нагрузок для них, двигателей, систем управления и предстартового обслуживания, пусковых установок и их составных частей; строительных материалов, изделий и конструкций. [4]

В настоящее время генеральным конструктором АО «ГРЦ Макеева» является Дегтярь Владимир Григорьевич.

Известный ученый, конструктор, организатор и руководитель разработки стратегических ракетных комплексов с баллистическими ракетами морского и наземного базирования и ракетно-космических комплексов. Возглавляет отечественную научную школу морского ракетостроения, основанную академиком В. П. Макеевым. [4]

В 1972 г. окончил Челябинский политехнический институт. С 1972 г. работает в г. Миассе (Челябинская область) в Конструкторском бюро машиностроения (ныне – Акционерное общество «Государственный ракетный центр имени академика В. П. Макеева»): инженер, конструктор

II-й категории, старший инженер, заместитель начальника отдела - начальник сектора. [4]

С 1986 г. — заместитель главного конструктора. С 1995 г. — заместитель генерального конструктора. С 1997 г. — первый заместитель генерального конструктора. С 1998 г. — начальник и генеральный конструктор предприятия. С 2004 г. — генеральный директор, генеральный конструктор. [4]

Академик РАН (2016). Доктор технических наук (2002). Профессор (2002). Академик Российской академии ракетных и артиллерийских наук (2005). Академик Международной академии астронавтики (2013). Член Научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ (2010). Заместитель председателя Научного совета РАН по механике конструкций из композиционных материалов (2003). Член президиума Уральского отделения РАН (2008). Заместитель председателя Челябинского научного центра УрО РАН (2009). Заведующий кафедрой «Летательные аппараты» Южно-Уральского государственного университета (2008), председатель диссертационного докторского совета при Южно-Уральском государственном университете (2007), член президиума Научно-технического совета госкорпорации «Роскосмос». Главный редактор межотраслевого научно-технического журнала «Конструкции из композиционных материалов» (1999). Главный редактор отраслевого научно-технического сборника РКТ, серия XIV (1999).[4]

Награждён орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2010), Орденом Александра Невского (2017), орденом «Знак Почета» (1987), медалью «300 лет Российскому флоту» (1996), медалью «Столетие подводных сил России» (2004), медалью «Адмирал Горшков» (2007), памятным знаком «50 лет ВПК» (2007), Почётной грамотой Президента РФ (2014), Почётной грамотой Правительства РФ (2008), знаком отличия «За заслуги перед Челябинской областью» (2004), Звездой ордена «Во славу

российского флота» 2 степени (2011), высшими наградами Федерального космического агентства – Знаками К.Э. Циолковского (2007), С. П. Королёва (2007), Ю. А. Гагарина (2010), медалями Федерации космонавтики России, медалью им. академика В. П. Макеева Уро РАН (2015). Лауреат Государственной премии РФ (2003), лауреат премии Ленинского комсомола (1977), Лауреат премии В. П. Макеева (1999), лауреат Золотой медали им. академика В. Ф. Уткина (2011), лауреат премии им. С. И. Мосина (2004). [4]

Удостоен почетного звания «Почётный машиностроитель» Министерства промышленности и торговли РФ (2012). Заслуженный работник ГРЦ (1997). Почётный гражданин г. Миасса (2007). Почётный гражданин Челябинской области (2010). Депутат Законодательного собрания Челябинской области 4-го созыва (2005-2010).[4]

В настоящее время АО "ГРЦ Макеева" ведет деятельность по направлениям:

- научные исследования и разработки по созданию ракетных и ракетно-космических комплексов, космических аппаратов, их систем и узлов;
- разработки элементов и систем других видов вооружения;
- изготовление опытных образцов и серийное производство ракетных и ракетно-космических комплексов, космических аппаратов и их систем;
- космическая деятельность;
- внешнеэкономическая деятельность;
- деятельность, связанная с эксплуатацией, ведением авторского, гарантийного и технического надзора, обслуживанием и ремонтом ракетных и ракетно-космических комплексов и их систем;
- проведение исследований и испытаний с целью сертификации и контроля качества;
- разработка и производство продукции общепромышленного и гражданского назначения, включая: медицинскую технику,

энергетические установки, системы экологического контроля, пожарной и аварийно-спасательной техники, оборудования для нефтехимической промышленности и товаров народного потребления. [5]

1.3 Работа конструкторского бюро, его структура

Отделение телеметрических систем постоянно эволюционировало, подстраивалось под требования, выдвигаемые временем. Образовывались новые отделы, изменялась их структура и объем функциональных обязанностей. Учитывая возросший объем работ по основной тематике, а также учитывая специфику работ, связанную с подачей, приемом и обработкой информации, приказом генерального директора – генерального конструктора на базе телеметрического отделения было создано Конструкторское бюро с выделением в его составе информационно-измерительного центра на основе отделов по разработке антенно-фидерных устройств, измерительного пункта для приема-передачи телеметрической информации и отдела аппаратно-программных средств по обработке телеметрической информации.[6]

1.3.1 Отдел по разработке антенно-фидерных устройств.

Проектно-конструкторское подразделение, занимающееся разработкой и изготовлением антенн и приборов антенно-фидерного устройства, проводит расчеты и анализ радиосвязи, авторский надзор на предприятиях промышленности. [6]

Одно из перспективных направлений в деятельности отдела – проведение испытаний на воздействие электромагнитных полей и кондуктивных помех. Уже сейчас отдел имеет хорошо оснащенные большие безэховые камеры, являющиеся основными помещениями для проведения испытаний электромагнитных станций. [6]

1.3.2 Измерительный пункт (отдел) для приема-передачи телеметрической информации.

Самый молодой отдел в конструкторском бюро как по времени создания, так и по составу специалистов. Он организовался, как

измерительный пункт для приема-передачи телеметрической информации и обслуживания спутников. [6]

Молодое поколение отдела старается занимать активные позиции в научно-технической жизни как на предприятии, так и за его пределами. За годы работы отдел существенно изменился, вырос до самостоятельного исследовательско-эксперементального и конструкторского подразделения по разработке, изготовлению и проведению испытаний аппаратно-программных устройств бортовых систем телеизмерений, бортовых спасаемых запоминающих устройств, изготовлению и проведению испытаний на полигонах, заказчика наземных систем приема-передачи ТМИ, систем наведения антенн, контрольно-проверочной аппаратуры и бортовых систем телеизмерений. [6]

1.3.3 Отдел аппаратно-программных средств по обработке телеметрической информации.

Занимается разработкой аппаратно-программных средств по обработке телеметрической информации. Осуществляет обработку и представление телеметрической информации, которые производятся на современных ПЭВМ. Для решения этих задач разработан ряд программных комплексов, отвечающих требованиям отделов-потребителей. Программные комплексы позволяют отделу оперативно обеспечивать специалистов ГРЦ результатами обработки ТМИ на всех стадиях испытаний изделий. [6]

Применение разработанного отделом программного комплекса подготовки и поведения репортажной обработки ТМИ, оперативная работа и взаимодействие с отделами-смежниками позволяет проводить сеансы приема-передачи в реальном времени. [6]

1.3.4 Головной телеметрический отдел.

Занимается бортовыми системами навигации, вопросами организации приема, регистрации информации, организацией измерений на объекте. [6]

1.3.5 Отдел разработки ДПА

Специфика этого отдела – это разработка, испытания и изготовление датчико-преобразующей аппаратуры, авторский надзор на предприятиях-изготовителях. Разработанные в отделе система контроля газовой фазы и сигнализатор фаз не имеют конкурентоспособных аналогов ни в России, ни за рубежом и защищены патентами. [6]

1.3.6 Проектно-конструкторский отдел по проектированию и разработке КД на бортовые измерительные комплексы.

Проектно-конструкторский отдел бортовой телеметрии. Он образован слиянием отделов проектировщиков и конструкторов для решения задач по проектированию и разработке КД на бортовые измерительные комплексы, а именно: электрические схемы измерения, бортовая и наземная кабельная сеть, размещение аппаратуры БИК в телеметрических капсулах. [6]

Таким образом, отдел объединил всю логическую цепь создания бортовых измерительных комплексов от проектных проработок до ведения производства. В связи с этим специалисты отдела пользуются не только серийными САПР, но и системой сквозного проектирования собственной разработки, которая постоянно модернизируется и совершенствуется. [6]

Кроме перечисленных задач, отдел производит распечатку схемной и конструкторской документации отделов всего конструкторского бюро. [6]

1.3.7 Головной отдел по изготовлению телеметрических комплексов и контрольно-испытательной аппаратуры.

За последние несколько лет телеметрическое КБ является ответственным за выполнение работ по изготовлению и поставке в эксплуатирующую организацию серийных телеметрических комплектов, необходимых при практических пусках. [6]

Участниками выполнения работ, под руководством головного отдела, в той или иной степени являются практически все подразделения ГРЦ. Также отдел занимается разработкой элементов телеметрии, изготовлением телеметрических комплексов и контрольно-испытательной аппаратуры. [6]

Несмотря на достаточно узкую специализацию каждого отдела, конструкторское бюро телеметрии живет и работает как единый организм, объединенный общей тематикой работ: это и участие в работах по перспективным темам совместно с другими конструкторскими бюро предприятия, помощь в работах по увеличению сроков эксплуатации, участие в гарантийном и авторском надзоре за системами комплексов, работы в рамках договора о СНВ, и, конечно же, ставшее основным в последние годы, изготовление телеметрических комплексов. [6]

1.4 Телеметрия, ее развитие на базе АО «ГРЦ Макеева».

Телеметрия – это совокупность методов сбора информации и измерения параметров, позволяющая получить необходимые сведения об удаленных объектах. Телеизмерение работает так, что определяемое значение (тока, температуры, давления, напряжения и т.д.) трансформируется в сигнал, передаваемый далее по каналу связи. Другими словами, системы телеметрии выполняют функцию диспетчерского управления и учета данных. Упрощенно структурную схему телеметрической системы можно представить в виде 5 блоков (рисунок 1.4) Блоки сбора и передачи данных расположены на объекте телеметрии, а блоки приема и обработки данных у получателя. [7]

Рисунок 1.4 - Структурная схема телеметрической системы

В первое время телеметрическая информация передавалась по широкополосной линии связи (далее ШЛС). Конечным пунктом являлась телевизионная вышка в Миассе, где стояла телевизионная аппаратура измерительного пункта (отдела). Такой способ передачи информации имел существенные недостатки - это и большая организационная работа по задействованию всех ретрансляторов и потеря информации на отдельных участках трассы. [7]

Специалисты отдела предложили использовать для передачи ТМИ спутниковые каналы связи. Была проведена определенная работа с

арендаторами спутников связи, разработана и изготовлена собственными силами аппаратура сопряжения приеморегистрирующих станций ТМИ с наземными станциями приема-передачи спутниковой информации, которые были установлены в начальных пунктах. К настоящему времени с помощью спутниковых каналов проведен не один десяток сеансов связи по обеспечению приема ТМИ с измерительных пунктов, ее обработки и отображения на больших экранах. [7]

Постепенно, в связи с уменьшением количества пусков, задача получения ТМИ отошла на второй план. Тогда при поддержке руководства КБ было принято решение начать разработку собственной телеметрической аппаратуры для изделий АО "ГРЦ Макеева". Поначалу это были отдельные устройства сбора телеметрической информации, которые устанавливались на изделие совместно со штатной телеметрической аппаратурой. Затем стали разрабатываться более сложные устройства для решения специальных задач телеизмерений. [7]

В 2010 г. в отделе была разработана система телеметрических измерений. По своим техническим характеристикам, гибкости построения программы измерения не имеет равных среди отечественных систем телеизмерений. За период с 2011г. по 2015г. с ее помощью получена полная и качественная телеметрическая информация. Благодаря системе телеметрических измерений получены высококачественные данные. [7]

Для обеспечения телеметрических измерений в дальнейшем отделом разработана модернизированная бортовая телеметрическая система. Она является продуктом глубокой модернизации предыдущей системы измерений, имеет расширенный состав, в соответствии с рядом новых специфических задач измерений. В составе данной СТИ имеются 18 приборов различного назначения, в том числе радиопередающие приборы собственной разработки. [7]

Радиотелеметрическая система построена по принципу территориально-распределенных устройств сбора данных. Каждое из устройств обслуживает свой набор датчиков (аналоговых, цифровых, дискретных). Данные с устройств сбора поступают в головное устройство - формирователь кадра, по высокоскоростному последовательному интерфейсу. Система может работать как на радиоканал, так и в качестве автономного регистратора. В режиме радиоканала предусмотрено подключение до 2-х передающих устройств информативностью до 3,2 Мбит/с. [7]

Режим работы системы и каждого блока в отдельности программируется под конкретные задачи измерений, такие как:

-количество измерительных каналов, их вид,

-индивидуальная частота опроса,

-точность преобразования,

-циклограмма работы программно-временных устройств,

-аналоговый/цифровой вид передачи параметров,

-количество задействованных радиолиний и т.д.

В соответствии с режимами работы возможно переключение между несколькими программами измерений, заложенных в ППЗУ системы.[7]

В системе использован межприборный интерфейс STS-1. Система поддерживает связь с современной датчико-преобразующей аппаратурой, имеющей интерфейс RS-232, RS-485, E3, M2, а также информационный обмен с цифровыми системами по специализированным интерфейсам. Для проверок блоков СТИ существует контрольно-проверочная аппаратура (КПА) СТИ, обеспечивающая допусковый автоматизированный контроль работоспособности указанных блоков. [7]

## 1.5 Структура системы измерений

Система измерений предназначена для решения задач отработки ракет-носителей и элементов оснащения. Система измерений является системой нового поколения, обладающей улучшенными габаритно-массовыми характеристиками, низким энергопотреблением и высокой информативностью, построена на современной элементной базе и способна поддерживать форматы нескольких существующих телеметрических структур.

В состав измерительной системы входят следующие блоки:

- Радиопередающее устройство (РПУ);
- Формирователь кадра (ФК-М);
- Блок аналогового сбора 16-ти канальный (БАС-16М);
- Блок аналогового сбора 48-ми канальный (БАС-48М);
- Блок дискретного сбора 48-ми канальный (БДС-48М);
- Блок цифрового сбора 16-ти канальный (БЦС-16);
- Блок магистрального интерфейса (БМИ);
- Блок модуля коэффициентов отражения (МКО-Ц);
- Концентратор 4-х канальный (К-4);
- Концентратор 8-ми канальный (К-8);
- Командно-временное устройство (КВУ-М);
- Синхронизатор формирователя кадров4-х канальный (СФК-4);
- Синхронизатор формирователя кадров 8-ми канальный (СФК-8);
- Формирователь видеокода (ФВК);
- Блок виброизмерений (БВИ);
- Блок внешних устройств (БВУ);
- Блок питания датчиков (БПД-16);
- Блок сбора сигналов (БСС);
- Блок записи спасаемый (БЗС).

1.5.1 Назначение блоков системы измерений

1.5.1.1 Устройство радиопередающее РПУ

Устройство РПУ предназначено для:

- генерирования высокочастотных колебаний несущей частоты;

- осуществления модуляции АИМ-ЧМ одного или двух видеосигналов АИМ радиотелеметрических систем;

- осуществления фазовой манипуляции КИМ-ФМ (0-180) несущей частоты видеосигналом КИМ;

- осуществления частотной модуляции с непрерывной фазой (КИМ-ЧМНФ) несущей частоты видеосигналом КИМ.

1.5.1.2 Формирователь кадров (ФК-М)

Блок ФК-М является центральным блоком системы, определяет общую информативность системы, управляет работой всеми приборами по внутрисистемному интерфейсу STS-1 (определяет количество измерительных каналов, их вид, индивидуальную частота опроса, точность преобразования), из поступающего потока телеметрической информации формирует кадры и субкадры, осуществляет запись телеметрической информации во внутреннее запоминающее устройство и последующее ее воспроизведение в соответствии с программой измерений.

1.5.1.3 Блок аналогового сбора 16-ти, 48-ми канальный (БАС-16М, БАС-48М)

Блок БАС-16М (БАС-48М) осуществляет программно-управляемый сбор сигналов с 16-ти (48-ми) аналоговых датчиков в шкале 0…6,2 В или в шкале ± 10 В, преобразования их в цифровой вид и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS-1 в центральный блок системы.

1.5.1.4 Блок дискретного сбора 48-ми канальный (БДС-48М)

Блок БДС-48М осуществляет программно-управляемый сбор сигналов с 48-ми дискретных датчиков и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS-1 в центральный блок системы.

1.5.1.5 Блок цифрового сбора 16-ти канальный (БЦС-16М)

Блок БЦС-16М осуществляет прием цифровой информации в параллельном коде по импульсам запроса, преобразования ее в последовательный код и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS-1 в центральный блок системы измерений.

1.5.1.6 Блок модуля коэффициентов отражения (МКО-Ц)

Блок МКО-Ц предназначен для приема аналоговых сигналов падающей и отраженной волны антенно-фидерных устройств преобразования их в цифровой вид, осуществления математической обработки этих сигналов и передачу в цифровом виде исходных сигналов и результата обработки на блок ФК по внутрисистемному интерфейсу STS-1, кроме того в блоке МКО-Ц аналоговый сигнал индикатора мощности РПУ преобразуется в цифровой вид для передачи его в общем цифровом потоке на блок ФК-М.

1.5.1.7 Блок концентратора К-4 (К-8)

Блок К-4(К-8) осуществляет размножение запросных сигналов от блока ФК-М на 3 (7) источников информации и мультиплексирования 3-х (7-ми) потоков информации на блок ФК-М по внутрисистемному интерфейсу STS-1.

1.5.1.8 Командно-временное устройство (КВУ-М)

Блок КВУ-М предназначен для выполнения задач по отсчету времени (5 счетчиков), выдачи команд определенной длительности и в заданное время. Команды выдаются замыканием «сухих» контактов. Блок КВУ-М может осуществлять до 4-х временных задержек принятых команд. Входные команды могут поступать в виде «сухих» контактов либо потенциалом плюс 5В.

1.5.1.9 Синхронизатор формирователя кадров СФК-4 (СФК-8)

СФК-4 (СФК-8) предназначен для синхронизации до 3(7) блоков ФК-М по командному внутрисистемному интерфейсу STS-1, блок СФК-4 (СФК-8) осуществляет трансляцию команд управления от бортовой аппаратуры управления (БАУ) на блоки ФК-М, БСС и передачу сигналов контроля исполнения команд на БАУ.

1.5.1.10 Блок виброизмерений (БВИ)

БВИ предназначен для преобразования сигналов с пьезоэлектрических датчиков, усиления, их преобразования в цифровой вид и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS-1 в центральный блок системы.

1.5.1.1 Блок внешних устройств (БВУ)

БВУ предназначен для приема потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу RS-485, RS-232. Мультиплексирования входных потоков информации и передачи на блок ФК-М по внутрисистемному интерфейсу STS-1.

1.5.1.12 Блок магистрального интерфейса (БМИ)

БМИ предназначен для приема двух потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу ГОСТ Р52070-2003 и передачи ее на блок ФК-М по внутрисистемному интерфейсу.

1.5.1.13 Блок формирования видеокода (ФВК)

ФВК осуществляет прием информационного потока от блока ФК-М по интерфейсу RS-485 и формирование видеокода в необходимой структуре на передающее устройство, а также формирование и передачу потока ТМИ по высокоскоростному последовательному интерфейсу на блок сбора сигналов.

1.5.1.14 Блок питания датчиков (БПД-16)

БПД-16 формирует 16 независимых гальванически развязанных источников напряжений плюс 6,2 В для питания датчиков. По каждому источнику напряжения обеспечивается ток не более 75 мА.

1.5.1.15 Блок сбора сигналов (БСС)

БСС осуществляет прием телеметрической информации, поступающей по внутрисистемному интерфейсу от 1-го до 6-ми блоков ФК-М, мультиплексирования и выдачи принятой телеметрической информации на высокоскоростной последовательный интерфейс для последующей записи в БЗС.

1.5.1.16 Блок записи спасаемый (БЗС)

БЗС предназначен для регистрации, хранения телеметрической информации, поступающей по высокоскоростному интерфейсу от блока сбора сигналов и последующего ее воспроизведения после «спасения» блока. Считывание информации осуществляется контрольно-проверочной аппаратурой СТИ.

1.5.1.17 Контрольно-проверочная аппаратура (КПА)

Контрольно-проверочная аппаратура СТИ предназначена для ручной и автоматизированной проверки блоков, входящих в состав СТИ при автономных и приемо-сдаточных испытаниях на заводе-изготовителе СТИ, при входном контроле, при проверках в составе изделия.

## 1.6 Задача выпускной квалификационной работы

В данной выпускной квалификационной работе (далее ВКР) рассмотрен и модернизирован один из компонентов системы измерений прибор - блок питания датчиков, разработанный на комплектующих изделиях электронной компонентной базы (далее ЭКБ) иностранного производства. Задачей ВКР является разработка аналогичного прибора на ЭКБ российского производства, т.к. импортозамещение в настоящее время является актуальным вопросом для всей отечественной электроннопромышленной отрасли.

1.7 Анализ технического задания

Согласно техническому заданию требуется разработать блок питания датчиков на отечественной ЭКБ, учитывая указанные ниже требования.

1.7.1 БПД предназначен для формирования напряжения питания 8-ми датчиков.

1.7.2 БПД должен обеспечивать по каждому источнику питания следующие требования:

- уровень выходного напряжения 6,2±0,2 В;

- ограничение нагрузочного тока - не более 50 мА;

- иметь защиту от короткого замыкания;

- при превышении нагрузочного тока в источнике питания (в том числе короткого замыкания) должно происходить отключение данного источника;

- должна обеспечиваться независимая работа каждого источника питания.

1.7.3 БПД должен работать при входном напряжении питания от плюс 24 В до плюс 35 В.

1.7.4 БПД должен сохранять работоспособность при провале питающего напряжения до 0 В (при переходе с наземного на бортовое питание и обратно) с длительностью переходного процесса не более 5 мс.

1.7.5 В БПД должна быть предусмотрена защита от подачи входного питания обратной полярности.

1.7.6 Цепи питания БПД не должны иметь гальванической связи с корпусом прибора и цепями выходных сигналов.

1.7.7 Максимальный ток потребления БПД при входном напряжении питания плюс 27 В, не должен превышать 400 мА.

1.7.8 БПД должен иметь возможность обмена данными по высокоскоростным информационным последовательным интерфейсам.

1.7.9 Интерфейс обмена данных должен быть гальванически развязан с БПД.

2 Основная часть

2.1 Описание и принцип работы имеющегося прибора

БПД предназначен для формирования 16-ти гальванически развязанных источников напряжения плюс 6,2 В для питания ДПА.

Технические характеристики и свойства

2.1.1Приборы БПД взаимозаменяемы.

2.1.2 Напряжение, формируемое блоком, имеет следующие характеристики:

- уровень выходного напряжения по каждому источнику (6,2±0,05) В;
- максимальный нагрузочный ток по каждому источнику не более 75 мА;
- уровень пульсаций по каждому источнику не более ± 20,0 мВ.

Каждый источник выполняет:

- ограничение нагрузочного тока, защиту от КЗ и перенапряжения;
- отключение данного источника при превышении нагрузочного тока в источнике с последующим восстановлением после снятия перегрузки.

2.1.3 БПД работает при напряжении питания от 20 до 34 В с амплитудой пульсаций не более 2,0 В в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц на контактах питания соединителя.

2.1.4 БПД обеспечивает гальваническую развязку между входным напряжением питания и выходными источниками питания.

2.1.5 БПД сохраняет текущий режим работ после несанкционированного снятия электропитания на время не более 5 мс.

2.1.6 Ток потребления БПД при напряжении 27 В не превышает 70 мА без учета питания датчиков, 500 мА при максимальной нагрузке источников.

2.1.7 БПД имеет защиту от подачи питания обратной полярности.

2.1.8 Каждый из 16 источников БПД формирует сигнал аварии в случае КЗ, превышении нагрузочного тока и перенапряжения, который опрашивается контроллером БПД с частотой 100 Гц.

2.1.9 БПД обеспечивает поддержку обмена информацией с блоком формирования кадров по последовательному интерфейсу RS-232.

2.1.10 Корпус БПД имеет клемму заземления в соответствии с ГОСТ 19005.

2.1.11 Конструкция БПД обеспечивает свободный доступ к соединителям и удобство его стыковки и расстыковки.

2.1.12 БПД имеет герметичное исполнение.

2.1.13 В конструкции БПД предусмотрены меры, исключающие возможность неправильного подключения кабелей при эксплуатации и техническом обслуживании.

2.1.14 Внешний вид представлен на рисунке 2.1

Рисунок 2.1 – Внешний вид БПД

2.2 Устройство и работа БПД на иностранной ЭКБ

2.2.1 БПД осуществляет преобразование бортового постоянного напряжения плюс 27 В в постоянное напряжение плюс 6,2 В для питания датчиков и другой преобразующей аппаратуры.

2.2.2 Каждый из 16-ти источников БПД имеет гальваническую развязку между входным напряжением питания и один общий (минусовой) выход.

2.2.3 Интерфейс RS-232 имеет гальваническую развязку между входным напряжением питания, а общий (минусовой) вывод соединен с общим выходных 16-ти источников.

2.2.4 Информацию о состоянии 16-ти выходных источников (флаг аварии) БПД и прием внешних команд управления на включение и выключение каналов осуществляться через интерфейс RS-232.

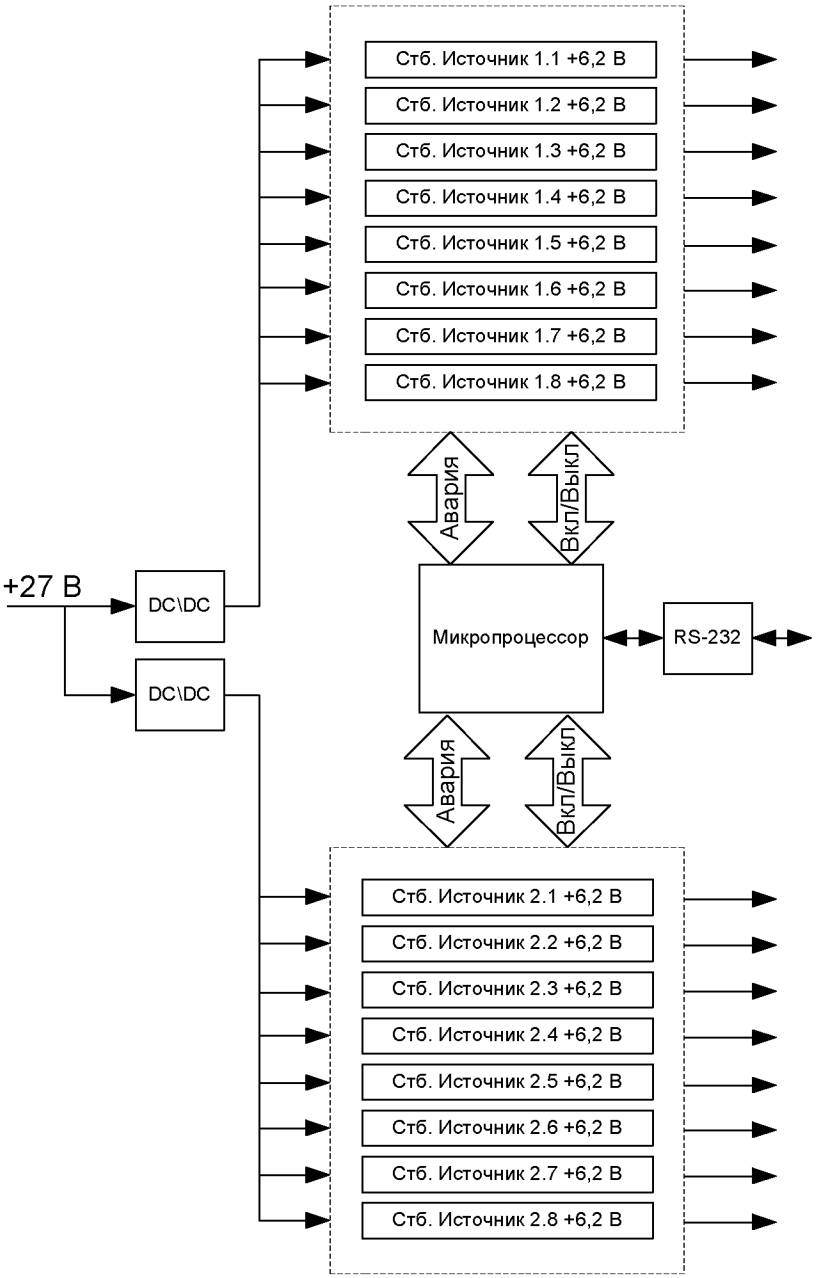



Рисунок 2.2 – Структурная схема БПД

2.2.5 На рисунке 2.2 представлена структурная схема БПД. В состав БПД входят:

- два импульсных преобразователя напряжения «DC/DC», осуществляют гальваническую развязку и преобразование напряжения с плюс 27 В на более низкое;

- микроконтроллер, осуществляющий опрос о состоянии каналов на наличие флага аварии с частотой 100 Гц. С целью выявления снятия флага аварии производиться включение аварийного канала с частотой 1Гц и длительностью 0,01с. ПМО модуля осуществляет передачу информации о состоянии и приема внешних команд управленияна включение и выключение выходных каналов через интерфейс RS-232;

- преобразователь интерфейса RS-232, осуществляет преобразование уровня TTL до уровня RS-232;

- 16 независимых малошумящих стабилизаторов напряжения со встроенной защитой от перегрева, короткого замыкания, обратного перенапряжения и превышения заданного тока (75 мА).

## 2.3 Обзор электронно-компонентой базы имеющегося прибора

В БПД используются 2 импульсных преобразователя напряжения DC/DC AM3G-2403SZ и AM3G-2405SZ.

Характеристики преобразователя AM3G-2403SZ:

- Выходное напряжение 3.3 В;
- мощность 2 Вт;
- напряжение в диапазоне от 18 до 36 В;
- выходной ток 700 мА;
- нагрузка на конденсатор 2200 пФ;
- КПД 74%.

Характеристики преобразователя AM3G-2405SZ:

- Выходное напряжение 5 В
- мощность 3 Вт;
- напряжение в диапазоне от 18 до 36 В;
- выходной ток 600 мА;
- нагрузка на конденсатор 1000 пФ;
- КПД 79%.

Микроконтроллер ATmega162-16M имеет характеристики:

- Производитель Microchip (Atmel)
- Объем памяти EEprom 512 Б
- Объем памяти Sram 1Кб
- Объем flash-памяти 16 Кб
- Корпус VQFN44
- Тактовая частота 16 МГц
- Количество каналов ШИМ 6
- Количество таймеров 8 бит 2
- Количество таймеров 16 бит 2

- Монтаж SMD
- Напряжение питания 1,8…5,5 BDC
- Рабочая температура -40...85°C
- Количество внешних прерываний 3
- Количество каналов otputcompare 6
- Количество компараторов 1
- Количество каналов inputcapture 2
- Семейство ATmega

Стабилизатор напряжения LT3050EDDB линейный регулятор 100 мА с максимальным токовым и диагностическими выходами.

Характеристики:

- Входной ток 100 мА;
- Выходной ток:100 мА;
- Падение напряжения: 340 мВ;
- Диапазон напряжения на входе: 1.6 В до 45В;
- Программируемый предел тока: ±5%.

Преобразователь интерфейса ADM3101EAR

- Характеристики:
- Скорость передачи данных 460 кбит/с
- Канальный драйвер RS-232
- Заряд конденсатора 0,1 пФ
- Контактный разряд 8 кВ
- Воздушный зазор 15 кВ

## 2.4 Проблемы разработки прибора на отечественной ЭКБ

По экспертным оценкам, вынужденное применение зарубежных материалов и электронных компонентов в изделиях машиностроительных предприятий увеличилось в 2001-2011 гг. в среднем на 10-12%, в том числе по изделиям собственного производства достигало (в 2011 г.) от 5% до 10% для ракетной техники, 10-20% для систем управления комплексов, 20-30% (от общей номенклатуры) - для систем государственного опознавания России. Электронные модули и блоки, поставляемые по кооперации, содержат до 70%, в производстве спутников "Глонасс-М" - от 75 до 80% западных комплектующих. [8]

Развитие ракетно-космической техники ставит перед разработчиками аппаратуры жесткие требования - улучшение габаритно массовых характеристик, увеличение функциональных возможностей аппаратуры и повышение сроков активного ее существования. Электронно-компонентная база, применяемая в бортовой аппаратуре космических аппаратов должна обладать следующим набором специфических условий:

- разнообразие функциональных задач, выполняемых космическими аппаратами, приводит к необходимости использования широкой номенклатуры типономиналов при крайне малой количественной потребности;
- широкая функциональная номенклатура ЭКБ требует при производстве применения разнообразных технологий, многие из которых уникальны и отсутствуют в Российской Федерации;
- жесткие требования к сроку активного существования при полном отсутствии возможностей ремонта приводят к сверхжестким требованиям по надежности и стойкости к дестабилизирующим факторам космического пространства.

Специфика ЭКБ космического применения в том, что ее развитие идет путем, отличным от развития электроники общепромышленной, ориентированной на массовый выпуск продукции с коротким жизненным циклом и быстрой сменой типов. [8]

Решить проблему обеспечения ЭКБ производителей космической аппаратуры можно только путем комплексного подхода, состоящего в пропорциональном использовании отечественных и импортных комплектующих и создании специализированных отраслевых производств. [8]

Отечественная ЭКБ, выпускаемая в настоящее время, для ракетно-космической техники, не соответствует в полной мере заданным требованиям по функциональности, надежности и радиационной стойкости. Вследствие чего более 60% ЭКБ, используемой в бортовой аппаратуре космических аппаратов, приобретается у иностранных поставщиков, при этом для Российской Федерации действуют экспортные ограничения на приобретение ЭКБ космического уровня качества. Трудности в приобретении космических ЭКБ вынуждают разработчиков применять компоненты индустриального уровня качества, что ведет к неоправданному расширению номенклатуры. [8]

На сегодняшний день тенденция уменьшения проектных норм в общепромышленной и потребительской электронике в первую очередь связана со стремлением получить как можно больше кристаллов с одной пластины, поскольку стоимость пластины составляет 800-1800$, при этом с уменьшением размера кристалла в два раза выход увеличивается в четыре. Количественные потребности в специализированной ЭКБ для космических применений идут в разрез с тенденциями развития общемировой электронной промышленности. [8]

Аппаратура космического приборостроения, как правило, имеет очень длительный жизненный цикл, для относительно серийных компонентов служебной аппаратуры (контрольно-измерительные системы, системы управления электропитанием, телеметрия и т.п.) срок эксплуатации прибора может составлять 20 лет и более. Налицо противоречие между требованиями к жизненному циклу аппаратуры и реальной сменяемостью поколений ЭКБ. [8]

Таким образом, основная проблема, с которой сталкиваются разработчики и производители ЭКБ, для космических применений - как обеспечить малую серийность при большой номенклатуре.

Чтобы выпускать обширную номенклатуру изделий, нужно применять множество технологических процессов, для которых требуется дорогостоящее технологическое оборудование, сырье, материалы, непрерывное обслуживание и т.п. Учитывая крайне малую серийность большинства изделий, следует предусмотреть подходы, позволяющие обеспечит унификацию типовых решений. [9]

Прежде всего необходимо различать аппаратуру служебных и целевых систем космических аппаратов, а также четко понимать ориентировочную серийную потребность в изделиях. Как уже было отмечено, к аппаратуре служебных систем космических аппаратов относятся системы телеметрии, командно-измерительные системы и системы электропитания. Учитывая, что большинство аппаратов строится на базе типовых платформ, можно говорить о том, что аппаратура служебных систем, в известной степени унифицирована и выполняет одни и те же функции, независимо от целевой задачи аппарата. Так телеметрия не зависит от того, выполняет ли аппарат функции дистанционного зондирования, связи или навигации. Кроме того, спутниковые платформы работают долго, следовательно, жизненный цикл приборов, служебных

систем и компонентов для них должен быть обеспечен в течении длительного срока. Имеется определенная серийность, составляющая суммарно сотни и даже тысячи приборов. С другой стороны, к аппаратуре служебных систем не предъявляются сверх требования по скорости обработки информации, производительности и т.п. Таким образом, для реализации компонентов аппаратуры служебных систем не нужны глубокие субмикронные технологии. [9]

Решение этой проблемы должно осуществляться в ближнесрочной перспективе путем создания небольших специализированных сборочных и испытательных производств ЭКБ. С этой целью необходимо закупить технологическое оборудование и укомплектовать производство соответствующими кадрами.

## 2.5 Разработка структурной схемы

Структурная схема БПД состоит из блока первичного преобразования входного напряжения, блока стабилизированных источников питания, блока управления и блока интерфейса передачи данных.

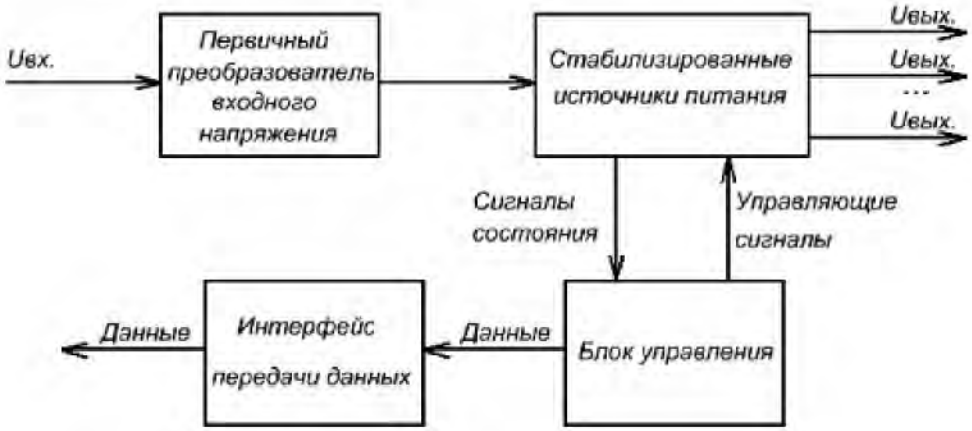



Рисунок 2.5 - Структурная схема БПД.

## 2.6 Разработка функциональной схемы, ее описание

БПД предназначен для формирования 8-ми стабилизированных источников напряжения 6,2 В.

БПД должен обеспечивать по каждому источнику напряжения следующие требования:

- уровень выходного напряжения (6,2 ± 0,2) В;
- ток нагрузки - до 50 мА;
- иметь защиту от короткого замыкания;
- при превышении нагрузочного тока в источнике питания (в том числе короткого замыкания) должно происходить отключение данного источника;
- должна обеспечиваться независимая работа каждого источника питания.

БПД должен обеспечивать работу в составе моноблока с использованием внутренних шин передачи данных, управляющих сигналов и напряжений питания.

БПД должен работать при входном напряжении питания от плюс 24 до плюс 35 В.

БПД должен сохранять работоспособность при провале питающего напряжения до 0 В (при переходе с наземного на бортовое питание и обратно) с длительностью переходного процесса до 10 мс.

В БПД должна быть предусмотрена защита от подачи входного питания обратной полярности.

БПД должен иметь возможность обмена данными по высокоскоростным информационным последовательным интерфейсам в соответствии с программой измерений.

На рисунке 2.6.1 изображена функциональная схема восьми канального БПД:

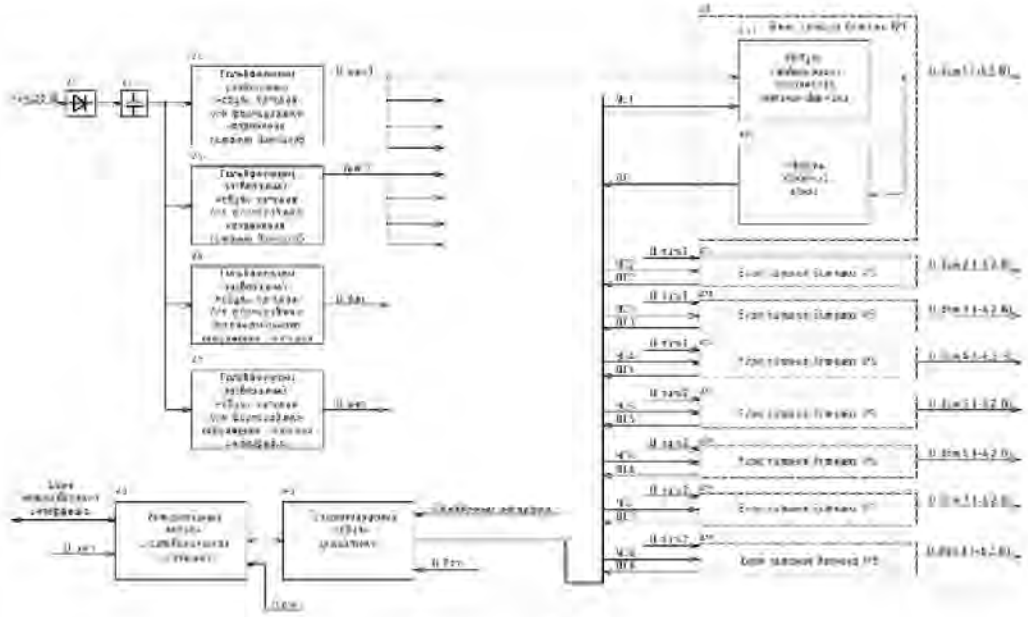


Рисунок 2.6.1 -
Функциональная схема 8-ми канального БПД на отечественной ЭКБ

В состав БПД входят:

1) Гальванически развязанные модули питания (А4 – А7)

2) Блок защиты от подачи входного питания неправильной полярности (А1)

3) Блок обеспечения работоспособности при провале питающего напряжения (А2)

4) Гальванически развязанный модуль межприборного интерфейса (А3)

5) Программируемый модуль управления (микроконтроллер/ПЛИС) (А8)

6) Блоки питания датчиков со стабилизацией выходного напряжения и обратной связи для контроля их работоспособности (А9-А16)

На вход прибора подается напряжение питания от плюс 24 до +35 В. Модули питания (А4 - А7) формируют вторичные гальванически развязанные стабилизированные источники напряжения с необходимыми для работы прибора характеристиками.

Стабилизаторы выходного напряжения (А9.1, А10.1, …, А16.1) формируют напряжение (6,2±0,2) В для питания подключаемых датчиков. Стабилизаторы напряжения имеют возможность отключения с помощью управляющего сигнала (УС) от модуля управления (А8). Модули обратной связи (А9.2, А10.2, …, А16.2) обеспечивают защиту от КЗ, ограничение тока нагрузки, контроль значения выходного напряжения и тока нагрузки по сигнальной линии (СЛ) на модуль управления (А8).

Через цифровой интерфейсный модуль (А3) БПД осуществляет связь с другими приборами телеметрической системы. Интерфейсный модуль имеет гальваническую развязку внутренних цепей прибора и линий приёмопередатчика интерфейса. [11]

Программируемый модуль управления (А8) осуществляет контроль и управление работой блоков питания датчиков (А9-А16). По линиям обратной связи (ОС) модуль управления при помощи встроенных АЦП осуществляет контроль уровня выходного напряжения и значение тока нагрузки для каждой линии питания датчика. С помощью управляющих сигналов (УС) модуль управления имеет возможность включения и отключения питания для каждого подключаемого датчика. По внешнему запросу через интерфейсный модуль, модуль управления выдает текущее состояние линий питания подключаемых датчиков, в том числе значения напряжения и тока нагрузки.

Для программирования, настройки и отладки прибора у модуля управления предусмотрены линии подключения отладочного интерфейса.

2.7 Подбор отечественной ЭКБ и разработка схемы электрической принципиальной

2.7.1 Канал формирования выходного напряжения

Формирование выходных напряжений 6,2 В, гальванически развязанных с питающим напряжением 27 В бортовой сети, производится в два этапа:

1) Понижение питающего напряжения до приемлемого значения величиной 9 В при помощи гальванически развязанных DC/DC импульсных преобразователей.

2) Формирование требуемого выходного напряжения величиной 6,2 В линейными регулируемыми стабилизаторами с выходным током не менее 50 мА.

Выбор модуля питания

На территории Российской Федерации производством законченных гальванически развязанных модулей питания занимаются несколько фирм, среди которых ООО «ММП-Ирбис», ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания», ООО «АЕДОН» и другие. В данном проекте будут использоваться модули производства ООО «АЕДОН», т.к. они хорошо зарекомендовали себя в существующих изделиях, а также имеется документация в открытом доступе.

Для ответственных сфер применения выпускает несколько серий модулей, среди которых особое место занимают компактные изолированные преобразователи с защитой от перегрузок серий МДМ-П с выходной мощностью от 3 до 1000 Вт и МДМ-Р с выходной мощностью от 6 до 500 Вт. Кроме этого, серия МДМ-П имеет двухканальные преобразователи, что позволяет экономить место внутри прибора. На рисунке 2.7.1показаны модули серии МДМ-П, на рисунке 2.7.2 – модули серии МДМ-Р.

Для повышения отказоустойчивости устройства производится разделение восьми каналов на две группы по четыре канала, поэтому необходимо два одноканальных или один двухканальный модуль питания, выходной ток на одинканал модуля должен составлять не менее 200 мА. Исходя из данных условий для понижения питающего напряжения 27 В до уровня 9 В, необходимого для линейных стабилизаторов, используется двухканальный модуль МДМ6-2В-0909 ТП, характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики модуля МДМ6-2В-0909 ТП

| Диапазон входного напряжения | Выходное напряжение на каждый канал | Номинальная мощность | Выходной ток на каждый канал | Типовой КПД | Диапазон рабочих температур |
|---|---|---|---|---|---|
| от 17 до 36 В | 9 В | 6 Вт | 0,33 А | 79 % | от минус 60 до плюс 125 °С |

Рисунок 2.7.1 – Модули серии МДМ-П

Рисунок 2.7.2 – Модули серии МДМ-Р

На рисунке 2.7.3 представлен фрагмент принципиальной электрической схемы, на котором показано включение модуля МДМ6-2В-0909 ТП.

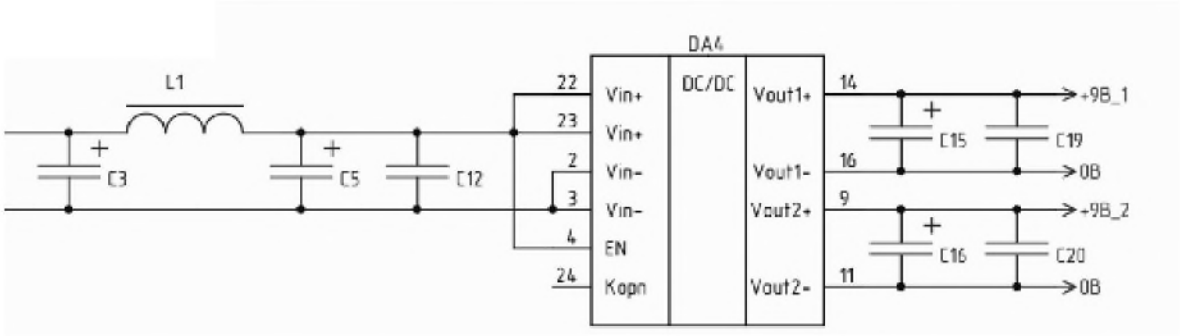



Рисунок 2.7.3 – Схема включения модуля МДМ6-2В-0909 ТП

Фильтрующие элементы схемы такие как конденсаторы и катушка индуктивности выбраны с учетом рекомендаций производителя и имеют следующие номиналы: C3 = C5 =22 мкФ; C12 = C19 = C20 = 0,1 мкФ, C15 = C16 = 4,7 мкФ;L1 = 6.8 мкГн.

Конденсаторы C3, C5 также служат защитой при переходных процессах при несанкционированном снятии входного напряжения.

Для защиты от подачи напряжения обратной полярности по входу в схеме установлен диод Шоттки VD1, параметры данного диода должны удовлетворять следующим условиям:

- Прямое напряжение должно быть минимальным;

- Минимальные габаритные размеры;

- Максимальное обратное напряжение диода должно составлять не менее 27 В;

- Максимально допустимый прямой ток через диод должен быть не менее 1 А.

Данным условиям удовлетворяет диод Шоттки 5ДШ302А9 производства ЗАО «Группа «Кремний Эл». Данный диод имеет напряжение смещение равное 1.8 В, максимально допустимое обратное напряжение 600 В, и максимально допустимый прямой ток 1 А, диапазон рабочих температур от минус 60 до плюс 125 $^{o}$С. При таких характеристиках диод имеет корпус SOT-89 и занимает минимальное место на плате прибора.

2.7.2 Выбор линейного стабилизатора

В качестве линейного стабилизатора для формирования напряжения 6,2 В используется микросхема 142ЕР3У, позволяющая регулировать выходное напряжение, а также реализующая возможность дистанционного включения и отключения канала. Максимальный выходной ток для данного линейного стабилизатора составляет 200 мА, диапазон выходного напряжения регулируется от 2,2 до 7,5 В при входном напряжении от 2,7 до 16 В, минимальное падение напряжения на самом стабилизаторе составляет 0,4 В. Типовая схема включения стабилизатора из документации производителя приведена на рисунке 2.7.4.

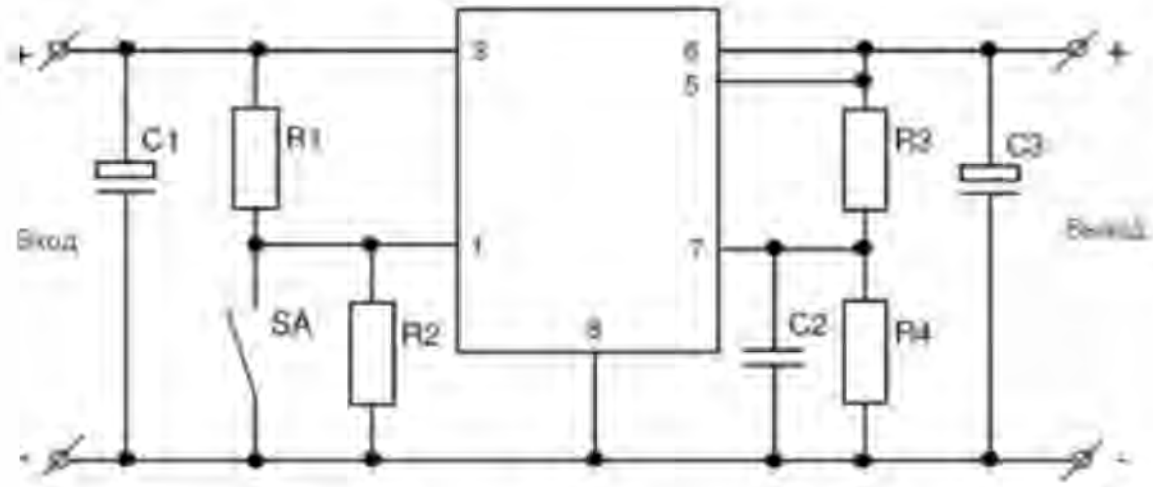



Рисунок 2.7.4 – Типовая схема включения стабилизатора 142ЕР3У

Резисторы R1 и R2 задают порог напряжения, при котором происходит включение и отключение микросхемы, также резистор R1 служит токоограничительным резистором при замыкании ключа SA. Выходное напряжение стабилизатора устанавливается делителем из резисторов R3 и R4 и вычисляется по формуле:

— (1)

Опорное напряжение $U_{оп}$ для микросхемы 142ЕР3У составляет 1.25 В. Выберем сопротивление резистора R3 для данной схемы равное 2.46 кОм из ряда Е192 рядов номинальных значений сопротивлений резисторов, тогда сопротивление резистора R4будет определяться по формуле:

—— —— (2)

Так как полученное значение не входит в ряды номинальных значений сопротивлений резисторов произведем разделение резистора R3 на два последовательных резистора с сопротивлениями 9.65 кОм и 92 Ом из ряда Е192, которые в результате дадут сопротивление 9.742 кОм. На рисунке 2.7.5 представлен фрагмент схемы устройства, на котором изображен один канал формирования напряжения 6.2 В.

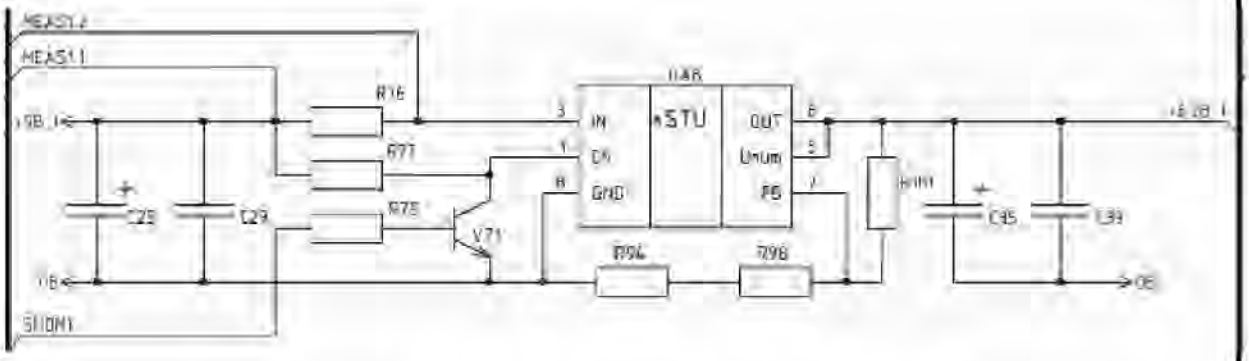



Рисунок 2.7.5 – Схема формирования напряжения 6.2 В

В данной схеме резистор R76 является токоизмерительным шунтом и его номинал равен 1 Ом. Он необходим для схемы контроля превышения максимально допустимого тока в 50 мА, а также для измерения тока, потребляемого нагрузкой. Расположение шунта перед стабилизатором напряжения обусловлено его высоким сопротивлением, способным влиять на выходное напряжение канала свыше допустимой погрешности. Поскольку при таком расположении шунта помимо тока, потребляемого нагрузкой, измеряется ток, потребляемый стабилизатором и делителем, который образован резисторами R101, R98, R94, то усилительная схема токового шунта должна предусматривать калибровку нуля.

Транзистор VT1 работает в ключевом режиме и управляет включением и отключением стабилизатора DA8. В качестве VT1 выбран транзистор 2Т3130А9, для которого напряжение коллектор-эмиттер $U_{КЭ}$ в режиме насыщения составляет 0,2 В, статический коэффициент передачи по току h21 равен 100–500, максимальный ток коллектора $I_К$ составляет 100 мА.

Зададим ток коллектора $I_К$в схеме равным 0,9 мА, тогда токоограничительный резистор R77 будет иметь номинал 10 кОм. Для надежного насыщения транзистора был выбран ток базы $I_б$=8 мА. Определим номинал резистора R7, используя типовое значение напряжения база-эмиттер $U_{БЭ}$ = 0,7 В:

$$R_{78} = \frac{U_{пит} - U_{БЭ}}{I_Б} = \frac{9 - 0,7}{10 \cdot 10^{-3}} = 1037.5 Ом \quad (3)$$

Согласно ряду E192 выбираем значениерезистора R78 равное 1 кОм. Номиналы резисторов для задания выходного напряжения равняются: R101=2.46 кОм,

R98 = 9.65 кОм, R94 = 92 Ом.

Номиналы фильтрующих конденсаторов выбраны с учетом рекомендаций производителя и равняются C25 = 4.7 мкФ, C35 = 10 мкФ, C29 = C39 = 0.1 мкФ.

Схемы формирователей каналов 2 – 8 аналогичны представленной на рисунке 2.6.5.

### 2.7.3 Схема усиления токового шунта

Сигнал, поступающий с токового шунта R76 в схеме на рисунке 2.7.5 достаточно мал, и составляет единицы-десятки милливольт, его невозможно напрямую подать на АЦП микроконтроллера и на схему ограничения максимального тока помимо этого напряжение на токовом шунте не равно нулю при отсутствии нагрузки в силу особенностей расположения токового шунта в схеме, поэтому данный сигнал необходимо усилить и задать смещение нуля. Эту функцию реализует фрагмент схемы, представленный на рисунке 2.7.6.

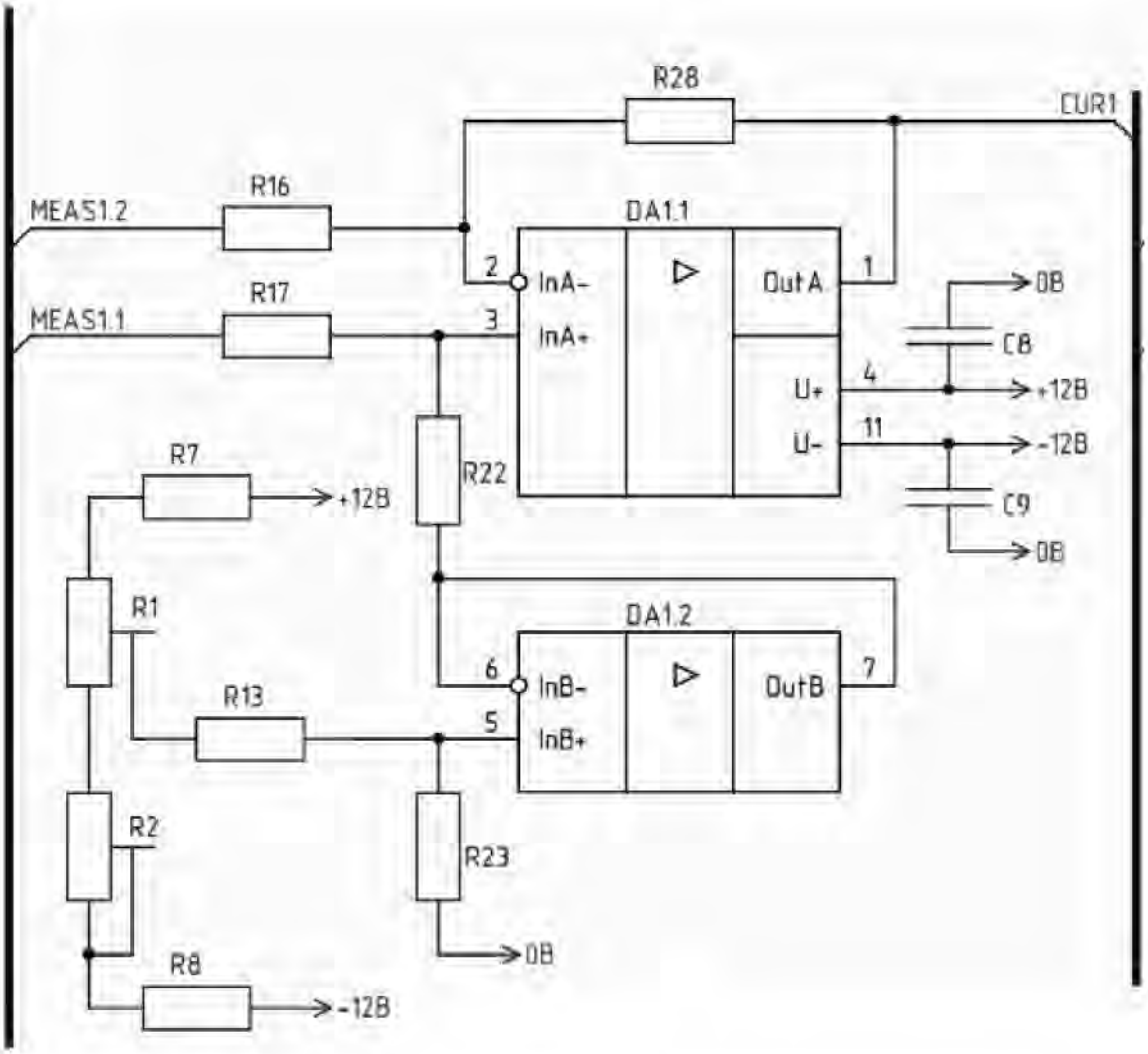



Рисунок 2.7.6 – Схема усиления сигнала токового шунта

Данная схема представляет собой дифференциальный усилитель, реализованный на операционном усилителе DA1.1, на прямой вход которого подается напряжение смещения для калибровки нуля.

2.7.3.1 Источник питания схемы измерения

Для реализации схемы усиления и калибровки нуля необходим операционный усилитель, способный работать при синфазном напряжении не менее 9 В, а т.к. необходима регулировка напряжения смещения, то питание должно осуществляться от двухполярного источника. Поскольку существует достаточно мало операционных усилителей способных

работать во всем диапазоне питающего напряжения от российских производителей, то напряжение питания необходимо сделать выше максимального синфазного входного сигнала. Для этого в устройстве реализован источник питания измерительной схемы на базе двухканального модуля МДМ6-2В-1212 ТП производства ООО «АЕДОН» с выходным напряжением 12 В и током 0,25 А на канал. Схема включения данного модуля представлена на рисунке 2.7.7.

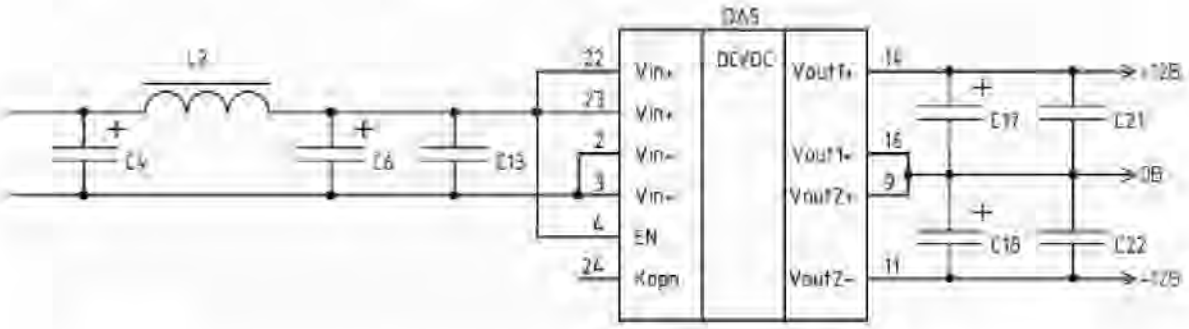



Рисунок 2.7.7 – Схема включения модуля МДМ6-2В-1212 ТП

Номиналы элементов схемы выбраны с учетом рекомендаций производителя и равняются С4=С6=22 мкФ, С13=С21=С22=0.1 мкФ, С17 = С18 = 4.7 мкФ, L2 = 6.8 мкГн.

2.7.3.2 Расчет дифференциального усилителя

Для выбора операционного усилителя каскада усиления сигнала токового шунта основное требование - это размер, так как в данном устройстве используется большое количество операционных усилителей (24 штуки). Поэтому выбирая из соотношения количества усилителей на корпус и размер корпуса из представленных в таблице 2 данных следует, что в БПД целесообразно применять микросхему 1486УД3 содержащую в одном корпусе четыре операционных усилителя. Напряжение смещения операционного усилителя должно быть минимальным, но значение в 2,5 мВ удовлетворяет, т.к. схема подразумевает калибровку нуля.

Таблица 2 – Операционные усилители

| Тип микросхемы ОУ, (производитель) | Граничная частота, МГц | Количество ОУ в корпусе | Напряжение смещения нуля, мкВ | Тип корпуса (размер) |
|---|---|---|---|---|
| КФ1446УД14 | 3,6 | 2 | 3000 | SO-8 (5.0x6.2x1.8) |
| 1491УД2А | 20 | 2 | 50 | 402.16-23 (11.0x16.0x2.5) |
| 1473УД1Т | 8 | 1 | 25 | 4112.8-1.01 (11.5x16.0x2.5) |
| 544УД12 | 0,4 | 1 | 25 | Н04.16-1В (13.8x13.4x3.0) |
| 1486УД3 | 0,4 | 4 | 2500 | 401.14-5 (10.0x13.3x2.0) |
| К574УД2А | 2 | 2 | 50000 | 301.12 (10.0x10.0x9.8) |

Для схемы, изображенной на рисунке 2.7.6, определим коэффициент усиления. При токе в 55 мА напряжение на токовом шунте будет составлять 55 мВ, на выходе усилителя для дальнейшего аналого-цифрового преобразования при помощи микроконтроллера удобно использовать максимальное напряжение 3,3 В, значит выходное напряжение $U_{вых}$ усилителя должно равняться 3,3 В при входном дифференциальном напряжении $U_{вх}$ = 55 мВ Таким образом, коэффициент усиления для данной схемы определяем по формуле:

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = \frac{3.3}{0.055} = 60 \qquad (4)$$

Определим номиналы резисторов в схеме дифференциального усилителя для получения коэффициента усиления K = 60. Для этого зададим значения сопротивлений входных резисторов R16, R17 по ряду E192, пусть R16=R17 = 2.1 кОм. Тогда значение сопротивления резистора обратной связи R28 будет определяться по формуле:

$$R_{28} = R_{16} \cdot K = 2100 \cdot 60 = 126000 \text{ Ом} \quad (5)$$

Значение 126 кОм соответствует ряду E192 рядов номинальных значений сопротивлений резисторов, таким образом R28 = 126 кОм. Для балансировки схемы сопротивление резистора R22 выбирается равным сопротивлению резистора R28. При помощи схемы на основе резисторов R1, R2, R7, R8, R13, R23 задается опорное напряжения для установки нуля дифференциального усилителя, выполненного на ОУ DA1.1. Для исключения влияния схемы коррекции на дифференциальный усилитель установлен повторитель, выполненный на ОУ DA1.2.

Для расчета схемы коррекции зададимся током делителя, образованного резисторами R1, R2, R7, R8; пусть Iд = 1 мА. Резисторы R7 и R8 ограничивают диапазон регулировки напряжения, т.е. задают верхний и нижний пределы, примем диапазон регулировки от $U_{min}$= –1 В до $U_{max}$= +1 В. Тогда напряжение на резисторе R1 равняется $U_{R1}$=2В, следовательно, сопротивление резистора R1 будет равняться 2 кОм. Значения резисторов R7 и R8 при данных условиях расчета будут равны 11кОм с учетом рядом номинальных значений резисторов. Значение сопротивления переменного резистора R2 возьмем равным 100 Ом, он необходим для точной подстройки напряжения смещения.

Рассчитаем резисторы $R_{13}$ и $R_{23}$. Данные резисторы образуют делитель напряжения и позволяют снизить диапазон регулировки напряжения смещения ОУ до нескольких милливольт и увеличить точность регулировки в несколько раз. Примем ток через данный делитель незначительным, чтобы он не оказывал влияния на ток, протекающий через связку $R_7$, $R_1$,$R_2$, $R_8$; пусть $I_{дел}$=20мкА. Напряжение на $R_{23}$, определяющее конечный диапазон подстройки, зададим равным ±200 мВ при крайних положения движка резистора R1, таким образом,

$$R_{23} = \frac{0.2}{0.00002} = 10000 \text{ Ом} \quad (6)$$

$$R_{13} = \frac{0.8}{0,00002} = 40000 \text{ Ом} \quad (7)$$

Учитывая ряд E192 номинальных значений резисторов, выберем $R_{23}$=10 кОм и $R_{13}$=40 кОм.

2.7.4 Включение и отключение каналов БПД

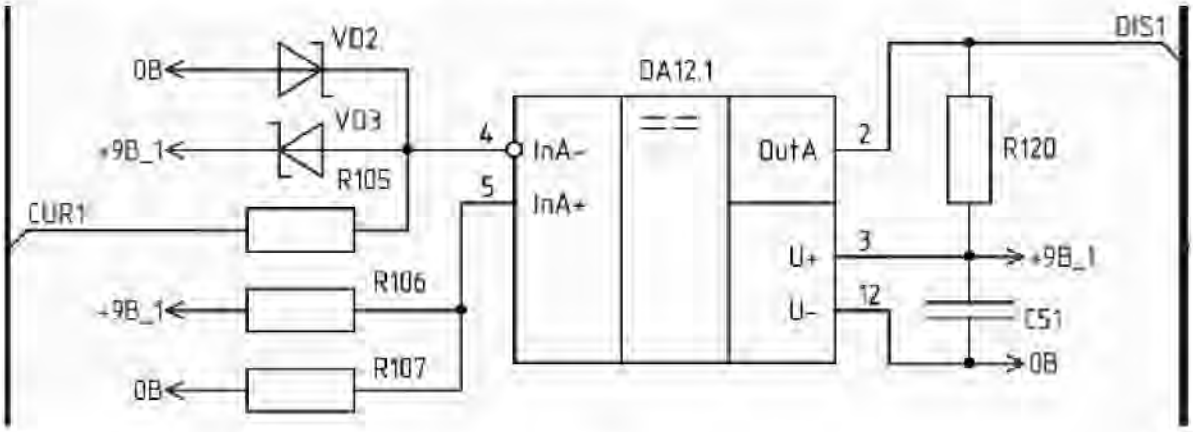
Управление включением и отключением каждого из каналов БПД осуществляется при помощи RS-триггера, выход которого подключен к базе управляющего транзистора линейного стабилизатора. Включение канала производится подачей логического «0» с микроконтроллера управления БПД на транзистор, подключенный к входу сброса RS-триггера.

Для реализации функции защитного отключения источника с напряжением 6.2 В при превышении тока 50 мА используется быстродействующий компаратор напряжения, на инверсный вход которого подается напряжение со схемы усилителя сигнала токового шунта, а на прямой вход – опорное напряжение 3 В, что соответствует току в 50 мА в нагрузке при коэффициенте усиления равным 60 и сопротивлении токового шунта 1 Ом. Выход компаратора напряжения подключен на вход установки RS-триггера, через который осуществляется включение и отключение канала, подача сигнала с компаратора на вход установки, а не сброса триггера обусловлена инверсной логикой включения и отключения канала.

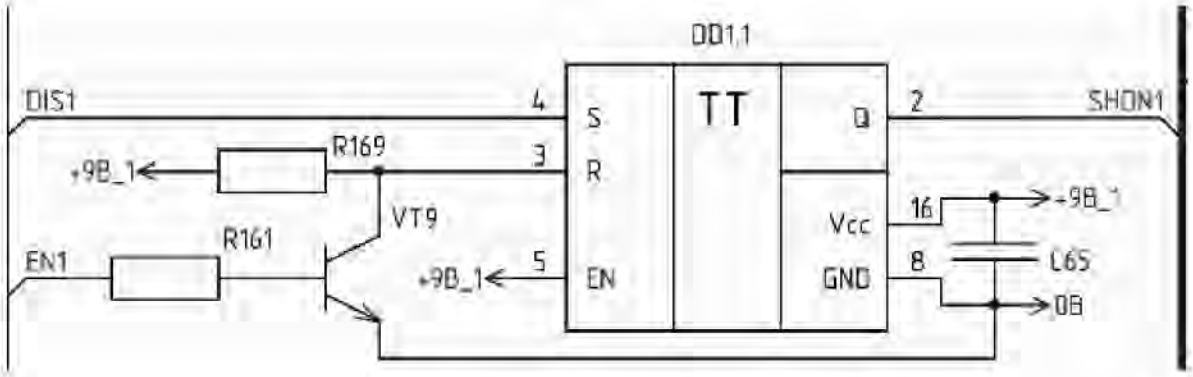
На рисунке 2.7.8а представлен фрагмент схемы включения компаратора, на рисунке 2.7.8б представлен фрагмент схемы с RS-триггером.

Питание компаратора и триггера осуществляется от однополярного источника питания с напряжением 9 В, который используется в данном канале

БПД. Для защиты входов компаратора от превышения допустимого напряжения установлены защитные диоды VD2, VD3, ток через эти диоды ограничивается резистором R105. В случае если с выхода усилителя токового шунта на инверсный вход компаратора поступит напряжение выше плюс 9 В откроется диод VD3, а в случае, если на тот же вход поступит напряжение ниже 0 В, то откроется диод VD2, при этом ток через открытый диод будет ограничивать резистор R105 с номиналом 2,1 кОм на уровне приблизительно равным 1 мА. В качестве защитных диодов используются диоды Шоттки 2ДШ2150А91 в корпусе SOT-89 с максимальным обратным напряжением 40 В и максимально допустимым прямым током 1 А.




а)




б)

Рисунок 2.7.8 – Схема включения компаратора (а) и схема включения RS-триггера (б)

Для включения канала необходимо подать лог. «1» на вход сброса RS-триггера, эту функцию выполняет транзистор VT9, работающий в ключевом режим, в качестве VT9 выбран транзистор 2Т3130А9.

Зададим ток коллектора $I_К$в схеме равным 0,9 мА, тогда токоограничительный резистор R169 будет иметь номинал 10 кОм. Для надежного насыщения транзистора был выбран ток базы $I_Б$=2 мА. Определим номинал резистора R161, используя типовое значение напряжения база-эмиттер $U_{БЭ}$ = 0,7 В:

$$R_{161} = \frac{U_{пит} - U_{БЭ}}{I_Б} = \frac{3.3 - 0.7}{2 \cdot 10^{-3}} = 1300 Ом \quad (8)$$

Согласно ряду Е192 выберем значение для резистора R161 равное 1кОм, т.к. данное значение сопротивления уже используется в схеме.

2.7.5 Аналого-цифровое преобразование и управление

Управление БПД возможно при помощи микроконтроллера или ПЛИС. В данном приборе целесообразно применять микроконтроллер, поскольку они имеют встроенные периферийные блоки такие как аналого-цифровые преобразователи, интерфейсы UART и др. При применении ПЛИС необходимо использовать внешние АЦП, а также согласовали уровней, поскольку отечественные ПЛИС работают с уровнями напряжений от 0 до 2,5 В в отличии от большинства периферийных микросхем, работающих с уровнями от 0 до 3,3 В. Помимо названных недостатков применение ПЛИС в приборе БПД избыточно по быстродействию и потребует большие габаритные размеры прибора.

В таблице 3 приведены основные микроконтроллеры, производимые на территории Российской Федерации.

Таблица 3 – Микроконтроллеры

| Тип микроконтроллера, (производитель) | Разрядность ядра | Тактовая частота, МГц | Разрядность АЦП | Количество портов UART | Тип корпуса (размер) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1986ВЕ91Т (АО «ПКК Миландр») | 32 | 80 | 12 | 2 | 4229.132-3 (36x36x4мм) |
| 1986ВЕ92У (АО «ПКК Миландр») | 32 | 80 | 12 | 2 | Н18.64-1 (26x26x3мм) |
| 1986ВЕ94Я (АО «ПКК Миландр») | 32 | 80 | 12 | 2 | МК 8307.144-АН3 (16x16x3мм) |
| 1986ВЕ1Т (АО «ПКК Миландр») | 32 | 144 | 12 | 2 | 4229.132-3 (36x36x4мм) |
| 1887ВЕ7Т (АО «НИИЭТ») | 8 | 8 | 10 | 2 | 4203.64-2 (26x26x3мм) |
| 1921ВК01Т1 (АО «НИИЭТ») | 32 | 100 | 12 | 4 | 4250.208-1 (40x40x3мм) |

Для управления и контроля параметров БПД и его связью с СТИ по цифровому интерфейсу используется микроконтроллер 1986ВЕ94Я производства АО «ПКК Миландр». Данный микроконтроллер является функциональным аналогом микроконтроллеров серии STM32F103 и имеет 32-разрядное процессорное ядро ARM Cortex-M3, способное выполнять операции с частотой 80 МГц. Основные характеристики микроконтроллера 1986ВЕ94Я:

– внешнее питание от 2,2 до 3,6 В;

– встроенная энергонезависимая Flash-память программ размером 128 Кбайт;

– встроенное ОЗУ размером 32 Кбайт;

– контроллер внешней шины с поддержкой микросхем памяти СОЗУ, ПЗУ, NAND Flash;

– два 12-разрядных АЦП со скоростью оцифровки до 500000 выборок в секунду в сумме дающих 16 каналов преобразования;

– двухканальный 12-разрядный ЦАП;

– 144-выводный металлокерамический корпус МК 8307.144-АН3 (BGA исполнение);

– два интерфейса UART, SPI, CAN;

– встроенный интерфейс USBPHY;

– контроллер прямого доступа к памяти (DMA).

Выбор данного микроконтроллера обусловлен его малыми габаритными размерами в сочетании с большим количеством пользовательских выводов и каналов АЦП в сравнении с другими российскими микроконтроллерами. Два 12-разрядных АЦП по 8 каналов каждый позволят производить оцифровку значений тока по каждому из каналов с частотой дискретизациидо 125 кГц.

Для измерения значения тока зададим частоту дискретизации 1 кГц, эта величина выбрана с избытком для дальнейшей децимации и обработки цифровым фильтром, выполненным на основе программного обеспечения (ПО) микроконтроллера. Избыточная дискретизация позволит уменьшить номиналы элементов входного аналогового НЧ фильтра, необходимого для устранения эффекта наложения спектров, а также даст возможность уменьшить влияние шумов на оцифровываемые сигналы при использовании цифровой фильтрации. [10]

Для устранения эффекта наложения спектров используется RC-фильтр с повторителем напряжения, выполненным на ОУ, схема ФНЧ представлена на рисунке 2.7.9.

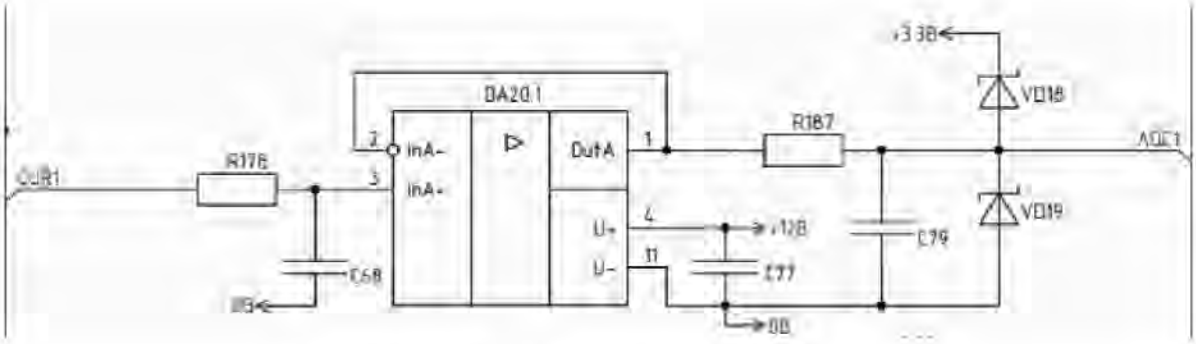



Рисунок 2.7.9 – Фильтр низких частот АЦП

Для НЧ фильтра необходимо, чтобы выполнялось условие $f_c$ меньше $0{,}5f_д$, где $f_д$ – частота дискретизации сигнала. В данной схеме элементы R178, C68 образуют низкочастотный фильтр с частотой среза 250 Гц, что в четыре раза ниже частоты дискретизации. Емкость конденсатора C68 примем равной 10 нФ, тогда расчет R178 будет производиться по формуле:

$$R_{178} = \frac{1}{2\pi \cdot f_c \cdot C_{65}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 250 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 63661 Ом \qquad (9)$$

С учетом рядов номинальных значений резисторов R178 = 63.4 кОм.

Повторитель напряжения на основе ОУ необходим в данной схеме для согласования выходного сопротивления фильтра со входным сопротивлением АЦП.

На выходе повторителя напряжения на основе элементов R187 и C79 собрана RC-цепь, необходимая для устранения необходимая для устранения просадок напряжения во время работы устройства выборки-хранения АЦП, номиналы подобраны с учетом требований производителя микроконтроллера и равняются R187 = 100 Ом, C79 = 47 пФ. Частота среза для такой RC-цепи составляет приблизительно 34 МГц.

Диоды Шоттки VD18 и VD19 выполняют защитную функцию входов микроконтроллера, аналогично схеме включения компаратора в разделе 2.7.4. При полном открытии этих диодов ток будет ограничивать резистор R187, таким образом при максимальном превышении напряжения питания микроконтроллера ток через диоды округленно будет равен 90 мА.

Заключение

В ходе работы над выпускной квалификационной работы проанализирован состав имеющегося прибора на иностранной электронно-компонентной базе, его особенности.

На основании анализа была разработана схема функциональнаяблока питания датчиков.

Были исследованы различные электронные компоненты, разрабатываемые и изготавливающиеся на территории Российской Федерации.

Разработана принципиальная электрическая схема с учетом анализа отечественной электронной компонентной базы. Подобраны реальные компоненты изготавливающиеся в настоящее время на территории Российской Федерации, что отражено в спецификации к принципиальной электрическойсхеме.

Проработаны блок схемы управления каналами и передачи данных.

Список принятых сокращений

АЦП - аналого-цифровой преобразователь

БПД - блок питания датчиков

ДПА - датчико-преобразующая аппаратура

ИМС - интегральная микросхема

КПА - контрольно-проверочная аппаратура

КБ - конструкторское бюро

КЗ - короткое замыкание

ТМИ - телеметрические измерения

САПР - система автоматизированного проектирования

СТИ - система телеметрических измерений

ШЛС - широкополосная линия связи

Библиографический список

1День за днем. 1947–2012: Государственный ракетный центр имени академика В. П. Макеева. Миасс : ГРЦ Макеева, 2013. 184 с.

2 Пяткин, В. А. Генеральный конструктор В. П. Макеев / В. А. Пяткин. Челябинск :Юж.-Урал. кн. . изд-во, 2004. 390 с

3 Морские стратегические ракетные комплексы. М. : Воен. парад, 2011. 265 с.

4, КБ машиностроения, ГРЦ «КБ им. академика В.П. Макеева» / сост.: Р. Н. Канин, Н. Н. Тихонов ; под общ. ред. акад. РАН В. Г. Дегтяря. М. : Гос. ракет. центр «КБ им. академика В.П. Макеева» : Воен. парад 2007. 408 с.

5Официальный сайт АО «ГРЦ Макеева» http://www.makeyev.ru/

6 Конструктор, №13, 2008

7Конструктор, №4, 2016

8Аксенов П.В. Проблемы и перспективы импортозамещения на предприятия оборонно-промышленного комплекса//Аналитическикй вестник. Издание аналитического аппарата Совета Федерации.-2014- №27(545)-С.20-31. URL:http://council.gov.ru//media/files/41d51d722c0fdcb10554.pdf

9Проблемы обеспечения бортовой аппаратуры космических аппаратов на отечественной электронной компонентной базе, Авт.: Валерий Субботин, Владимир Стешенко.

10 Аналого-цифровое преобразование. Учебное пособие. Под ред. У. Костера. Москва: Техносфера, 2007. 1016 сICBN 978-5-94836-146-8.Дата обращения

11 RS-485: все еще самый надежный промышленный интерфейс. http://www.compel.ru/lib/ne/2017/9/7-rs485-vse-eshhe-samyiy-nadezhnyiy-promyishlennyiy-interfeys.

12 Южно-Уральский Государственный университет. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. – Челябинск: издательство ЮУрГУ, 2008-56с.

13 Достал И. Операционные усилители.

14 Современная телеметрия в теории и на практике

15 Хоровиц П. Хилл У. Искусство схемотехники. Издание 4. Том 1

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Прочие изделия | | |
| | | | | | | |
| | | | | Конденсаторы | | |
| | | | | | | |
| | | | | К53-68 "В"-10В-10мкФ±5% | 10 | С1, С7, С35, |
| | | | | АЖЯР.673546.007 ТУ | | С36,С37,С38, |
| | | | | | | С52, С53,С54, |
| | | | | | | С55 |
| | | | | | | |
| | | | | К10-79-16В-0,1мкФ±5% МПО | 54 | С2, С8, С9, |
| | | | | АЖЯР.673511.004 ТУ | | С10, С11, С14, |
| | | | | | | С19-С24, |
| | | | | | | С30-С34, |
| | | | | | | С39-С42, |
| | | | | | | С47-С51, |
| | | | | | | С57-С60, |
| | | | | | | С65-С67, |
| | | | | | | С72, С77, |
| | | | | | | С78, |
| | | | | | | С86-С100, |
| | | | | | | С103 |
| | | | | | | |
| | | | | К53-68 "Е"-50В-22мкФ±5% | 5 | С3-С6, |
| | | | | АЖЯР.673546.007 ТУ | | С79 |
| | | | | | | |
| | | | | К10-79-50В-0,1мкФ±5% МПО | 3 | С12, С13, С80 |
| | | | | АЖЯР.673511.004 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата.

Инв.№ подл.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Конденсаторы | | |
| | | | | | | |
| | | | | К53-68 "В"-16В-4.7мкФ±5% | 13 | С15-С18, |
| | | | | АЖЯР.673546.007 ТУ | | С25-С28, |
| | | | | | | С43-С46, |
| | | | | | | С85 |
| | | | | | | |
| | | | | К10-79-16В-0,01мкФ±5% МПО | 8 | С68-С75 |
| | | | | АЖЯР673511.004. ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | К10-83-25В-510пФ±5% МПО | 8 | С79- С86 |
| | | | | АЖЯР.673511.008 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | , К10-69в-МПО-50В-2012М-22пФ±5% | 2 | С101, С102 |
| | | | | АЖЯР.673511.002 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Микросхемы | | |
| | | | | | | |
| | | | | 1486УД3ТВК | 6 | DA1, DA2, |
| | | | | АЕЯР.431130.784 ТУ | | DA6, DA7, |
| | | | | | | DA20, DA21 |
| | | | | | | |
| | | | | 1158ЕН3.3ГХ | 1 | DA3 |
| | | | | АЕЯР.431420.773 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | МДМ6-2В 0909 ТП | 1 | DA4 |
| | | | | БКЯ0.436630.001 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата.

Инв.№ подл.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Микросхемы | | |
| | | | | | | |
| | | | | МДМ6-2В 1212 ТП | 1 | DA5 |
| | | | | АНЖЕ.436630.004ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 142ЕР3У | 8 | DA8-DA16 |
| | | | | АЕЯР.431420.363-02 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 1401СА1РМК | 2 | DA12, DA17 |
| | | | | АЕЯР.431000.815-03 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | МДМ6-1В 05 ТР | 1 | DA18 |
| | | | | АНЖЕ.436630.004ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 249ЛП8 | 1 | DA19 |
| | | | | АЕЯР.431270.004 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 1526ТР2 | 2 | DD1, DD2 |
| | | | | БК0.347.458-12 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 1564ЛН1 ЭП | 1 | DD3 |
| | | | | АЕЯР.431200.424-05ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 5559ИН28У | 2 | DD4, DD5 |
| | | | | АЕЯР.431230.882 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 1986ВЕ94Я | 1 | DD6 |
| | | | | АЕЯР.431290.711 ТУ | | |
| | | | | | | |

Подп. и дата

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв.№ подп.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Дроссели | | |
| | | | | | | |
| | | | | МДГ3-6800 | 2 | L1, L2 |
| | | | | КВШУ.670114.001 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Диоды | | |
| | | | | | | |
| | | | | 5ДШ302А9 | 1 | VD1 |
| | | | | АЕЯР.432120.702 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | 2ДШ2150А91 | 48 | VD2- VD49 |
| | | | | АЕЯР.432120.560 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Резисторы | | |
| | | | | | | |
| | | | | РП-1-205-0,25-2кОм±10% | 8 | R1, R3, R5, |
| | | | | КДАБ.434162.010ТУ | | R31, R33, R35, |
| | | | | | | R61, R63 |
| | | | | | | |
| | | | | РП-1-205-0,25-100Ом±10% | 8 | R2, R4, R6, |
| | | | | КДАБ.434162.010ТУ | | R32, R34, |
| | | | | | | R36, R62, |
| | | | | | | R64 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-11 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 16 | R7-R12, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R37- R42, |
| | | | | | | R65, R66, |
| | | | | | | R69, R70 |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата.

Инв.№ подл.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-40 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R13-R15, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R43, R44, |
| | | | | | | R49, R71, R72 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-2,1 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 16 | R16, R67 |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R17-R21, |
| | | | | | | R45- R48, |
| | | | | | | R50, R51, |
| | | | | | | R68, R73, |
| | | | | | | R74 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,125-126 кОм ±0,25%-Ж-Л-М | 14 | R22, R24, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R26, R29, |
| | | | | | | R30, R52, |
| | | | | | | R54, R56, |
| | | | | | | R58, R59 |
| | | | | | | R60, R75, |
| | | | | | | R83, R92 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-10 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 42 | R23, R25, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R27, R53, |
| | | | | | | R55, R57, |
| | | | | | | R77, R80, |
| | | | | | | R82, R84, |
| | | | | | | R86, R89, |
| | | | | | | R117-R120, |
| | | | | | | R122, R125, |
| | | | | | | R128, R131, |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата.

Инв.№ подл.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | R157–R160, |
| | | | | | | R169–R176, |
| | | | | | | R195–R212 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1–8МП–0,125–126 кОм ±0,25%–Ж–Л–М | 2 | R28, R91 |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Р1–81–0,25–1 Ом ±1%–Е | 8 | R76, R79, |
| | | | | АЛЯР.434110.015 ТУ | | R85, R88, |
| | | | | | | R121, R124, |
| | | | | | | R127, R130 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1–8МП–0,1–1 кОм ±0,25%–Г–Л–М | 24 | R78, R81, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R87, R90, |
| | | | | | | R123, R126, |
| | | | | | | R129, R132, |
| | | | | | | R161– R168 |
| | | | | | | R195–R202 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1–8МП–0,125–92 Ом ±0,5%–Л–Л–М | 8 | R93–R96, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R145– R148 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата.

Инв.№ подл.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-9,65 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R97- R100, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R149- R152 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-2,46 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R101-R104, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R153-R156 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-2,4 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R105, R108, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R111, R114, |
| | | | | | | R133, R136, |
| | | | | | | R139, R142 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-56,9 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R106, R109, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R112, R115, |
| | | | | | | R134, R137, |
| | | | | | | R140, R143 |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-33,2 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R107, R110, |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | R113, R116, |
| | | | | | | R135, R138, |
| | | | | | | R141, R144 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата.

Инв.№ подл.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-150 Ом ±0,25%-Ж-Л-М | 2 | R177, R186 |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,1-63,4 кОм ±0,25%-Г-Л-М | 8 | R178- R185 |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Р1-8МП-0,125-110 Ом ±0,25%-Ж-Л-М | 8 | R187- R194 |
| | | | | ОЖ0.467.164 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Транзистор 2Т3130А9 | 16 | VT1- VT16 |
| | | | | аА0.339.569 ТУ | | |
| | | | | | | |
| | | | | Соединитель СНП339-42РП11-1б | 1 | XS1 |
| | | | | ЦСНК.430421.004 ТУ. | | |
| | | | | | | |
| | | | | Резонатор РК463-5ДК-16000К-1 | 1 | ZQ1 |
| | | | | ТУ 6321-011-07604008-07 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Подп. и дата.

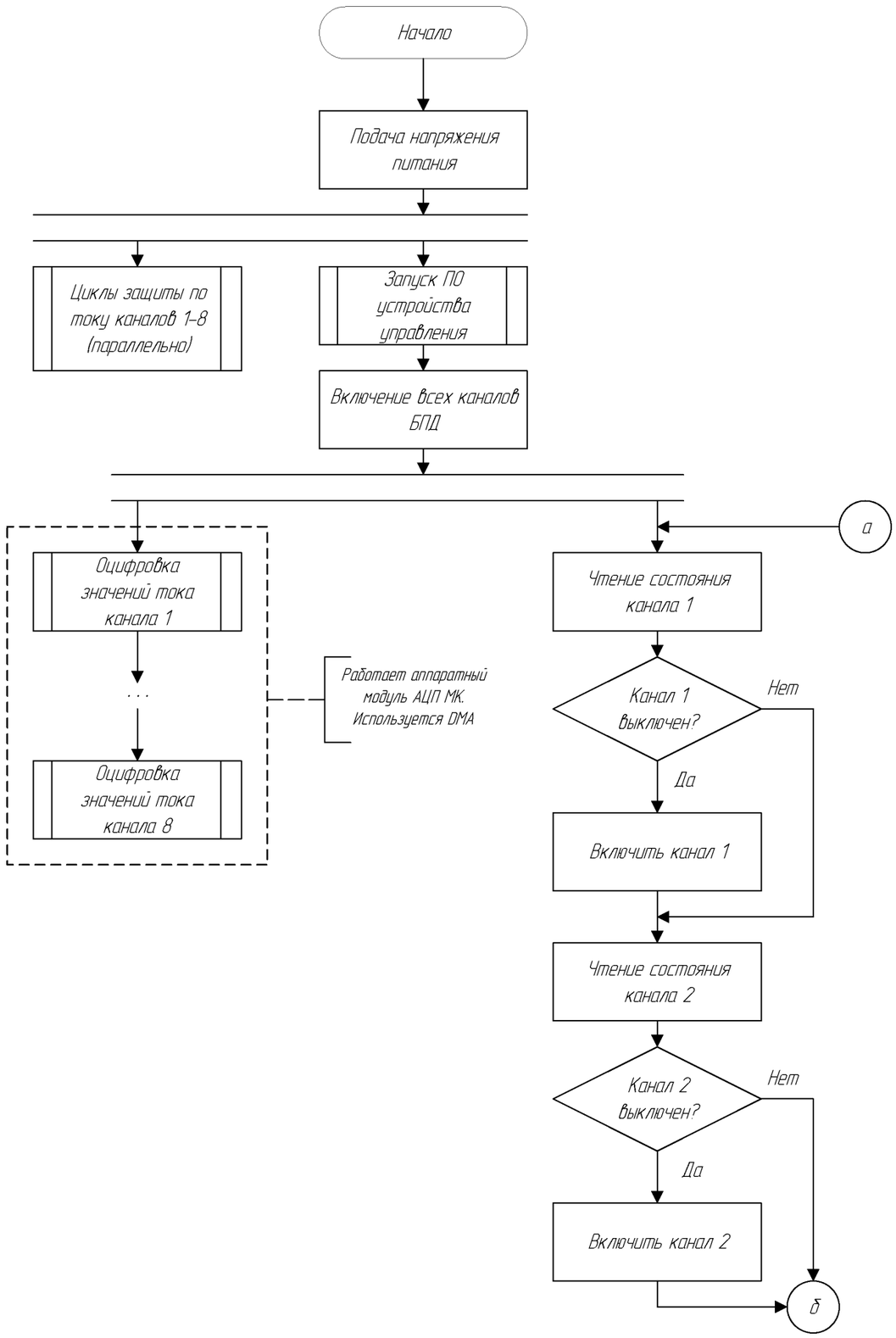
Инв.№ дубл.

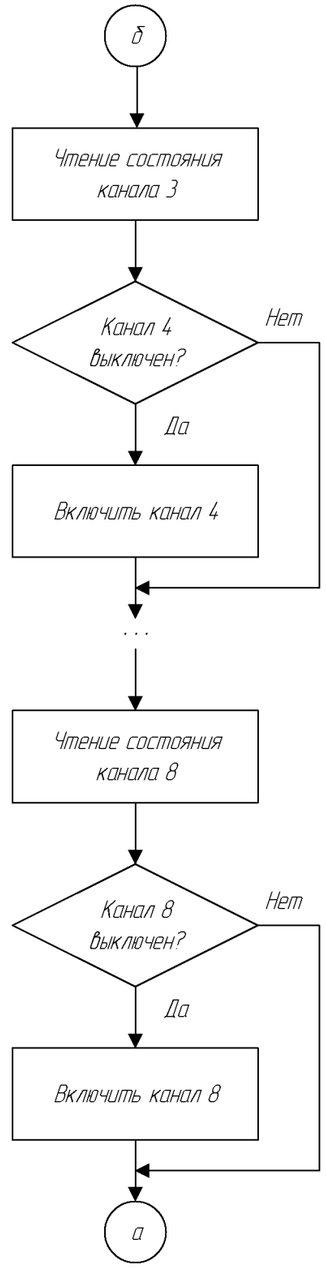
Взам. инв. №

Подп. и дата.

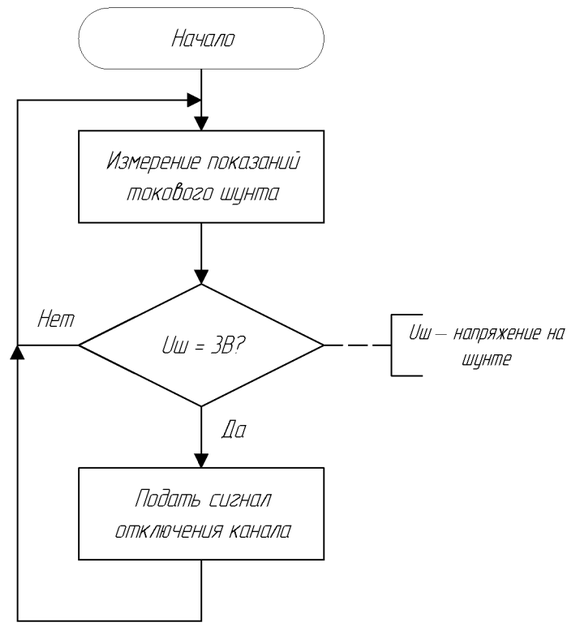
Инв.№ подл.

27.03.04.2020.017.00.00




Цикл аппаратной защиты по току каналов БПД




| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Расторгуева | | |
| Проверил | | Голощапов | | |
| Т. контр. | | | | |
| | | | | |
| Н. контр. | | Елисеев | | |
| Утв. | | Голощапов | | |

27.03.04.2020.027.00.00

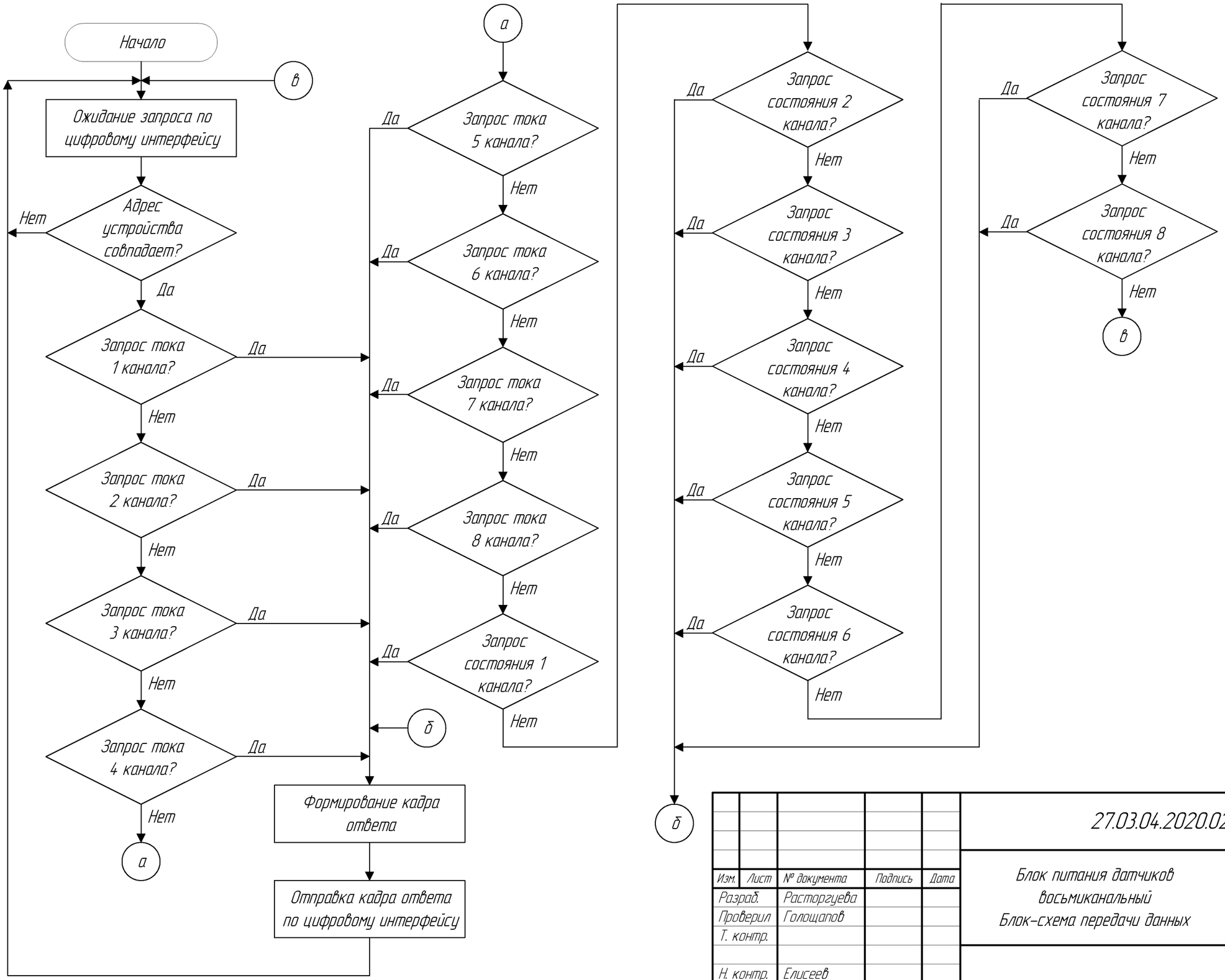
Блок питания датчиков восьмиканальный
Блок-схема управления каналами

| Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|
| | | |
| Лист 1 | Листов 1 | |

ЮУрГУ
Кафедра «Автоматика»

Перв. примен. 27.03.04.2020.017.00.00
Справ. N
Подп. дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Копировал:
Формат А3




| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Расторгуева | | |
| Проверил | | Голощапов | | |
| Т. контр. | | | | |
| | | | | |
| Н. контр. | | Елисеев | | |
| Утв. | | Голощапов | | |

27.03.04.2020.027.00.00

Блок питания датчиков восьмиканальный
Блок-схема передачи данных

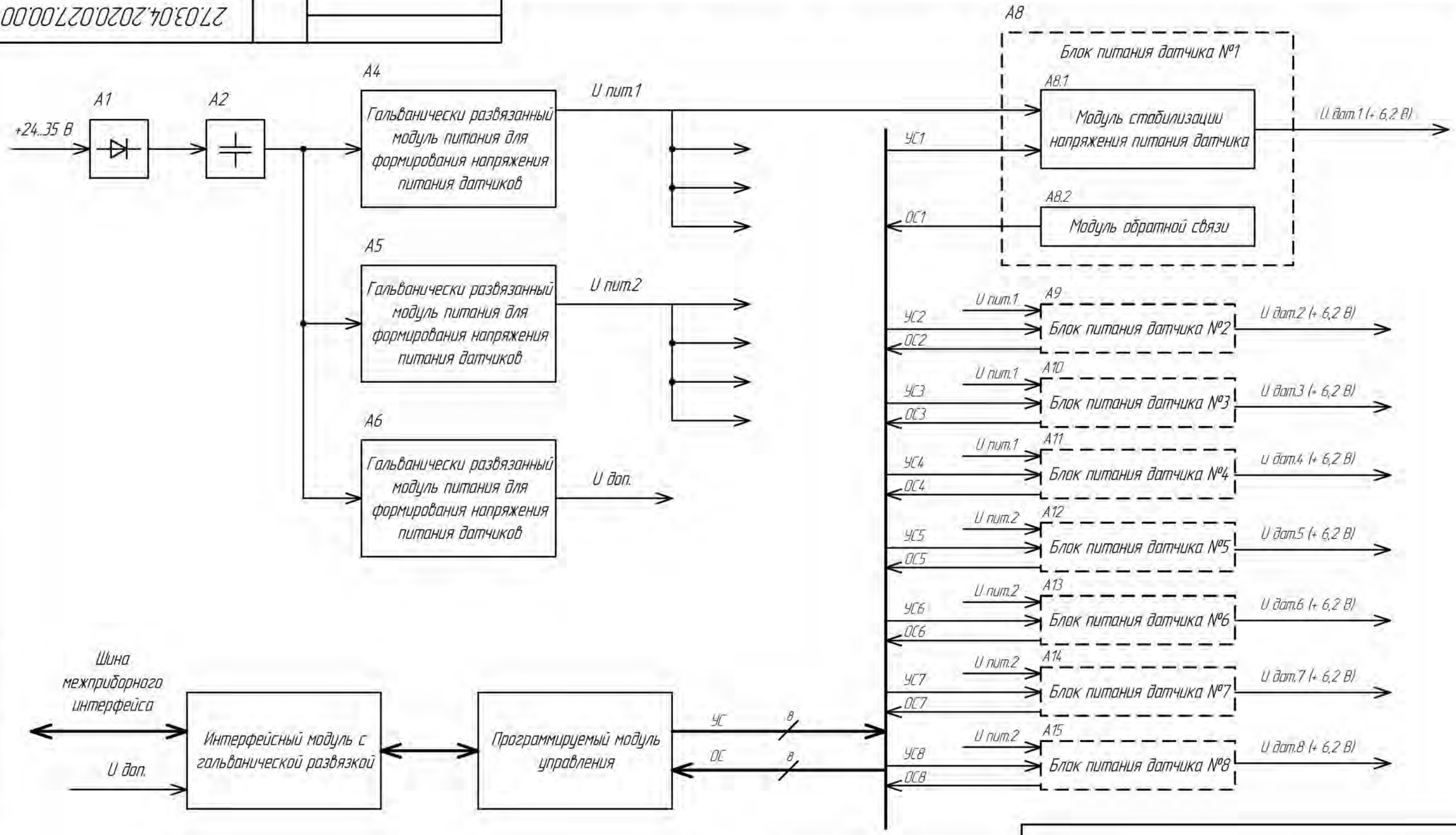
| Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|
| | | |
| Лист 1 | Листов 1 | |

ЮУрГУ
Кафедра «Автоматика»

Перв. примен. 27.03.04.2020.017.00.00
Справ. N
Подп. дата
Инв. N дубл.
Взам. инв. N
Подп. и дата
Инв. N подл.

Копировал:
Формат А3

27.03.04.2020.027.00.00




| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Расторгуева | | |
| Проверил | | Голощапов | | |
| Т. конр. | | | | |
| Н. контр. | | Елисеев | | |
| Утв. | | Голощапов | | |

27.03.04.2020.027.00.00 ЭЗ

Блок питания датчиков
Схема функциональная

| Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|
| | | |

Лист 1 | Листов 1

ГРЦ

Перв. примен. 27.03.04.2020.027.00.00

Справ. N

Подп. дата

Инв. N дубл.

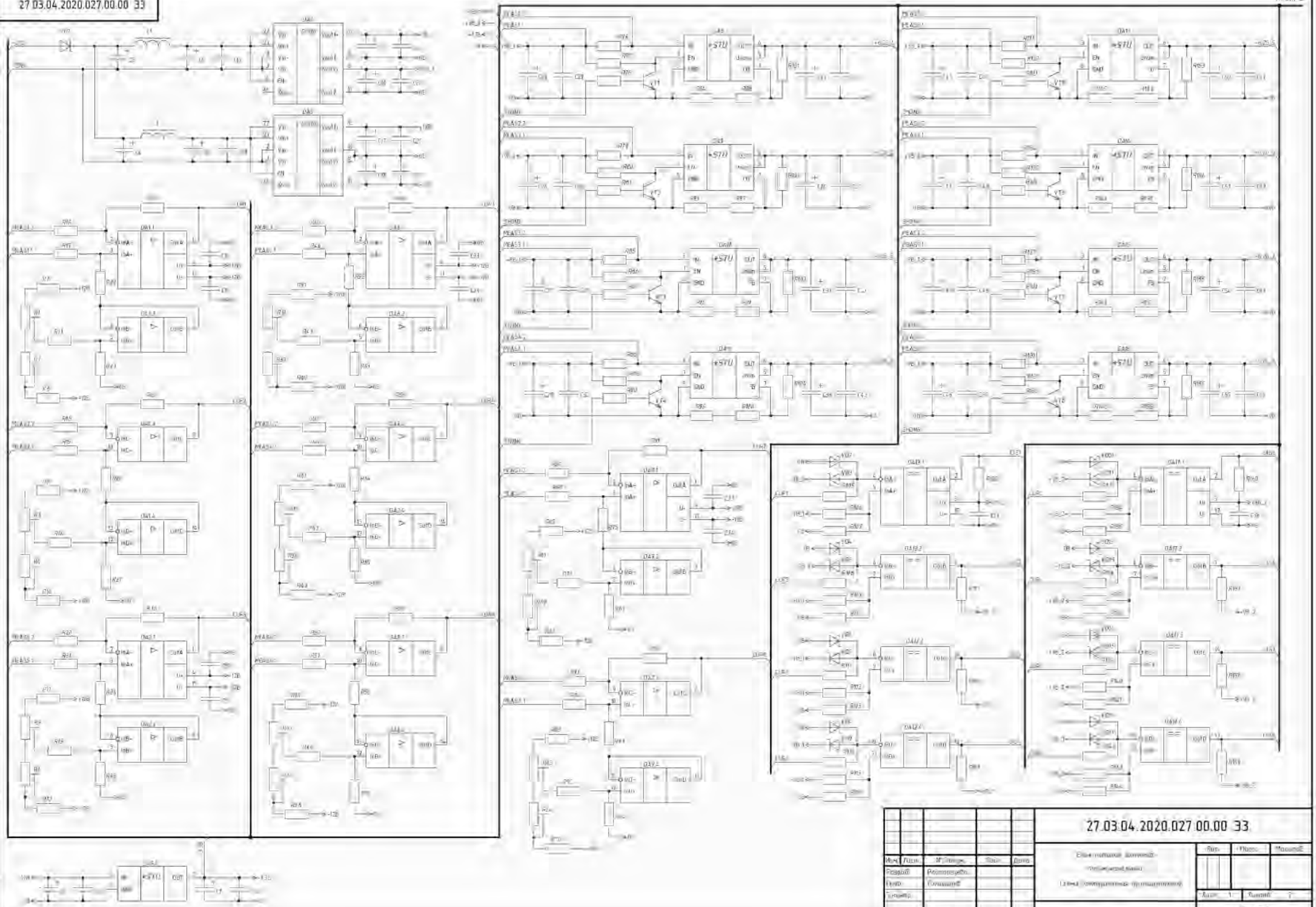
Взам. инв. N

Подп. и дата

Инв. N подл.

Копировал:

Формат А3



27.03.04.2020.027.00.00 33

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Распоряжен. | | |
| Пров. | | Гомашинд. | | |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | Епископ. | | |
| Утв. | | Гомашинд. | | |

Лит. | Масса | Масштаб

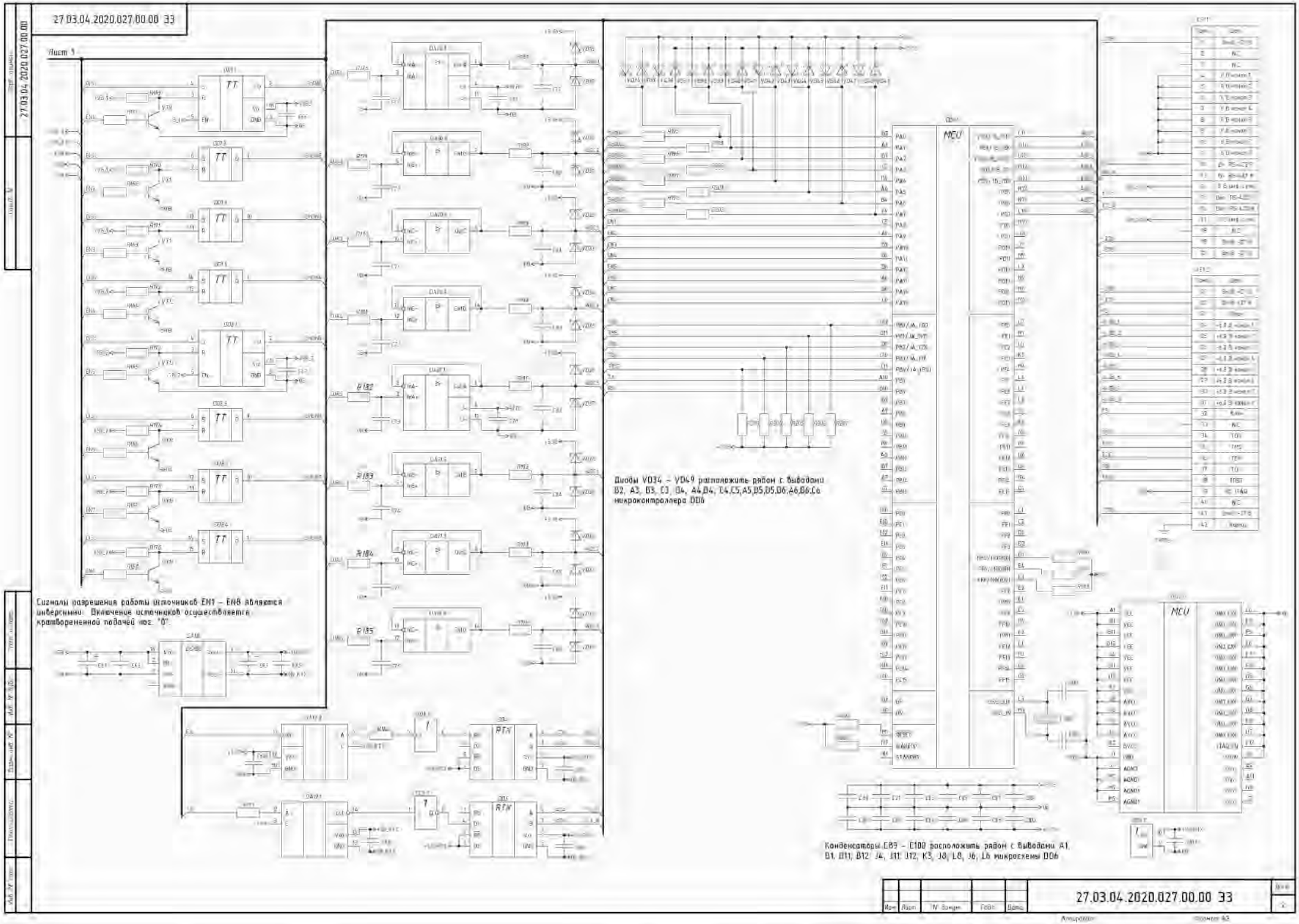
Лист 1 | Листов 2

ЮУрГУ

Кафедра "Автоматика"

Формат А3

Лист 5


Сигналы разрешения работы источников EN1 – EN8 являются инверсными. Включение источников осуществляется кратвоременной подачей лог. "0".
Диоды VD34 – VD49 расположить рядом с выводами B2, A3, B3, C3, D4, A4,B4, C4,C5,A5,B5,D5,D6,A6,B6,C6 микроконтроллера DD6
Конденсаторы C89 – C100 расположить рядом с выводами A1, B1, D11, B12, J4, J11, J12, K3, J8, L8, J6, L6 микросхемы DD6
MCU
RTN
27.03.04.2020.027.00.00 33