

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное 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. _____

_____ 20 ____ г.

Система контроля цепей щеточно-коллекторного узла

(тема)

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР**

Автор ВКР

студент группы МиЭт-424

_____ /Фролов П.А. _____

подпись

ФИО

_____ 20 ____ г.

Руководитель работы

д.т.н., профессор кафедры

должность

_____ /Белугин В.Б. _____

подпись

ФИО

_____ 20 ____ г.

Консультант

инженер-конструктор 1 категории

должность

_____ /Мельников А.А. _____

подпись

ФИО

_____ 20 ____ г.

Нормоконтроль

старший преподаватель

должность

_____ /Елисеев В.П. _____

подпись

ФИО

_____ 20 ____ г.

Миасс 2020

АННОТАЦИЯ

Фролов П.А. Система контроля цепей щеточно-коллекторного узла. Миасс: ЮУрГУ, Автоматика, 2020 г. 86 стр. 38 илл. Библиография литературы – 30 наименований. 1 лист чертежей ф. А0, 1 лист чертежей ф. А2, 1 лист чертежей ф. А3.

В данной выпускной квалификационной работе разработана система контроля цепей щеточно-коллекторного узла.

Разработаны структурная, функциональная, электрическая принципиальная схемы. Произведен подбор и обоснование выбора элементной базы. Сформулированы основные требования на разработку программной части.

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР				
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Дата</i>						
Разраб.	Фролов П.А.			Система контроля цепей щеточно-коллекторного узла			<i>Литер</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Пров.	Белугин В.Б.						3	86	
Н. Контр.	Елисеев В.П.						ЮУрГУ Кафедра «Автоматика»		
Утв	Голощанов								

Оглавление

Введение	6
1 Постановка задачи	11
1.1 Техническое задание на проектирование системы контроля цепей щеточно-коллекторного узла	11
1.2 Актуальность разработки	12
1.3 Технические требования	13
1.4 Анализ технического задания	13
2 Анализ решений	15
2.1 Проверка сопротивления токосъемника	15
2.2 Четырехпроводная схема подключения	17
2.3 Система автоматической коммутации	24
3 Схемотехнический раздел	29
3.1 Разработка структурной схемы	29
3.2 Разработка функциональной схемы	31
3.3 Принцип работы системы	34
3.4 Разработка схемы электрической принципиальной	35
3.5 Используемое программное обеспечение	37
4 Выбор элементной базы	40
4.1 подбор основных компонентов системы	40
4.1.1 Источник тока	40
4.1.2 Блок питания	49
4.1.3 Контроллер	53
4.1.4 Модуль аналогового ввода (АЦП)	56
4.1.5 Модуль дискретного вывода	59
4.1.6 Блок реле	64
4.1.8 Конвертер	66
4.1.9 Мультиметр	66

Изд.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

4

Любое тело, через которое протекает электрический ток, оказывает ему определенное сопротивление. Свойство материала проводника предотвращать прохождение электрического тока через него называется электрическим сопротивлением.

Существует несколько видов измерения сопротивления: косвенный метод; метод непосредственной оценки при помощи омметров и мегомметров; мостовой метод. Косвенный метод является самым распространённым. [2]

Основная задача выпускной квалификационной работы напрямую связана с измерениями, т.е. проблема заключается в автоматизации процесса измерения цепей щеточно-коллекторного узла токосъемника. Поэтому необходимо спроектировать систему, которая будет удовлетворять требованиям технического задания.

Токосъемники, как правило, применяются для передачи электроэнергии и сигналов во всех типах вращающихся механизмов, например в поворотных кранах, вращающихся сепараторах на станциях водоочистки, на аттракционах, манипуляторах, в формовочно-упаковочных машинах, радарах и антеннах и т.д.

Токосъемник входит в состав поворотного стола. Поворотный стол состоит из твердого основания. Он имеет несколько пар выводов для подключения кабелей к токосъемнику, также на поворотном механизме установлена платформа, на которую устанавливается гироскопический прибор. При включении устройства скользящие контакты токосъемника начинают вращаться вместе с платформой и измеряются угловые скорости относительно оси вращения.

Цель работы: спроектировать систему контроля цепей щеточно-коллекторного узла

1.2 Актуальность разработки

В радиотехнике и электротехнике нередко возникают неисправности, которые проявляются в редких, постепенно нарастающих сбоях в работе оборудования. Причину кратковременных неисправностей определить немного сложнее, чем полный отказ в работе.

Как правило, причиной таких неисправностей является загрязнение или сгорание контактов и ослабление прижима поверхностей подвижных и неподвижных контактов выключателей и переключателей. Переключатели и переключатели в электронном и радиооборудовании со скользящими контактами используются довольно часто. Это, прежде всего переключатели типа ПК и другие, аналогичные по принципу действия. Увеличение переходного сопротивления может быть незначительным и кратковременным из-за того, что при загрязненной поверхности контактное сопротивление изменяется как во время движения, так и во время работы, особенно при переменной нагрузке. Первое время это может и не сказываться на работе. Но со временем ухудшение контакта вызовет помехи для воспроизводящего оборудования, ошибки в измерительных приборах или выключение компьютера в самый неподходящий момент. Поэтому своевременно или при первых признаках неисправности необходима проверка контактов выключателей и выключателей. [25]

Кратковременные изменения сопротивления контактов определить обычными стрелочными или цифровыми приборами почти невозможно. Поэтому появляется необходимость разработки системы проверки цепей щеточно-коллекторного узла, надежности контактов и сопротивления цепей. Проверка должна осуществляться оператором в автоматизированном режиме при минимально возможных затратах времени.

1.3 Технические требования

Питание системы от сети 220 В переменного тока.

Источник постоянного стабилизированного тока в 200 ± 2 мА,
собственные шумы источника не более 1%;

Частота опроса (измерений) 250Гц;

Погрешность измерений не более 5%;

1.4 Анализ технического задания

На этапе технического проектирования принимаются различные решения по разработке объекта проектирования вплоть до его конструктивного исполнения. На этапе конструирования уточняются и корректируются некоторые моменты технического задания. И именно при помощи анализа различных решений осуществляется выбор окончательного варианта.

Структурная схема позволяет понять структуру основных элементов, представить себе различные решения этой ситуации, применить накопленный опыт. Подведя итоги, можно обратить внимание на те элементы, которые можно заменить в дальнейшем, как в экономическом плане, так и функциональном.

Помимо структурной схемы следует выделить функциональную схему. Функциональная схема объясняет основные протекающие процессы и их взаимосвязи, и результат.

После чего разрабатывают электрическую схему и перечень элементов. Помимо всего этого выполняются различные операции такие как анализ конструкции, экспертной оценки на предмет соответствия требованию технического задания.

Все нормативные документы должны быть оформлены согласно существующим стандартам ГОСТ и продублированы для двух сторон, а документы на разработку подаются в соответствующие отделы.

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат		14

2 Анализ решений

2.1 Проверка сопротивления токосъемника

На данный момент не существует способа проверки, рассмотрим способ проверки на примере обычного пульта, в ручном режим

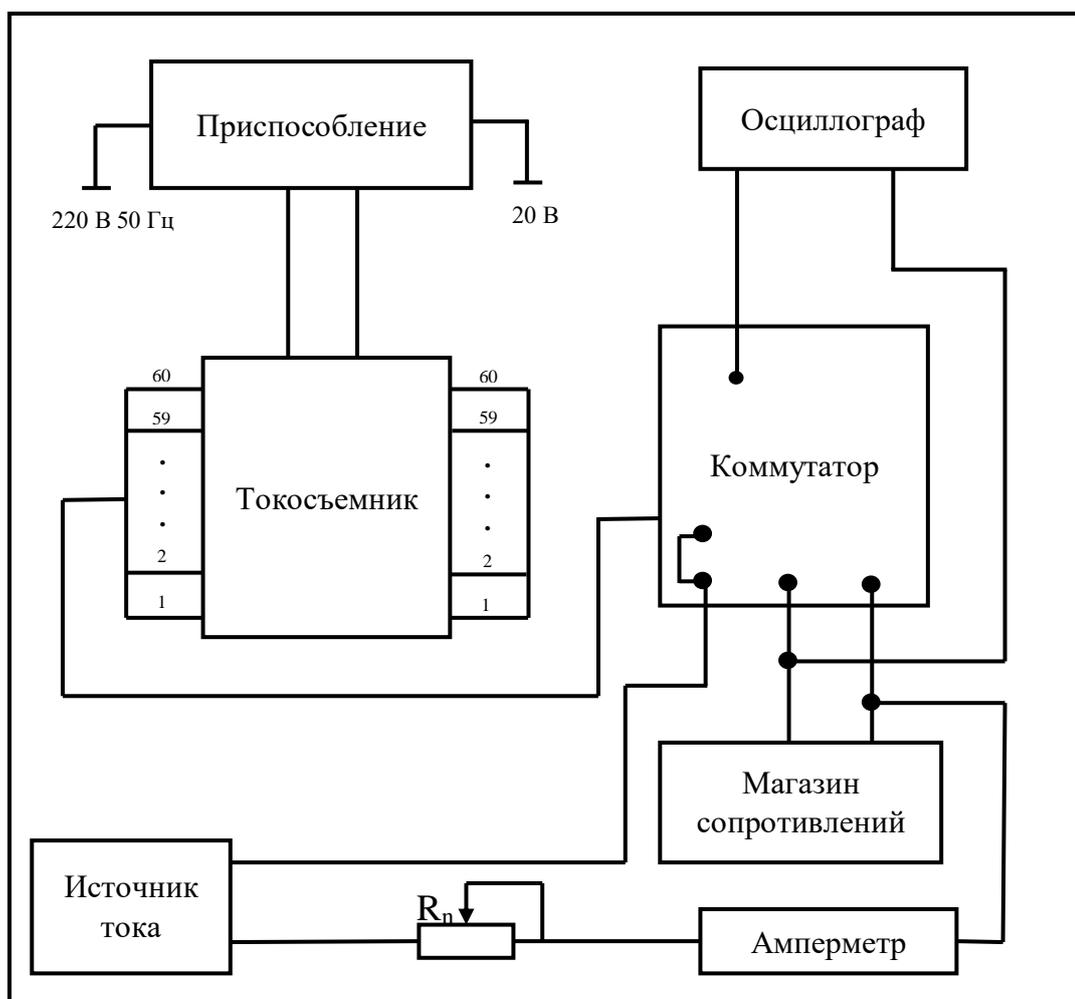


Рисунок 2.1 – принцип работы измерения сопротивлений токосъема:

Подается ток на измерительный мост и с помощью подстроичного резистора определяется значение тока. Каждая цепь измеряется в ручном режиме с помощью переключения коммутатора.

Сопротивление измерительного моста подстраивается при помощи магазина сопротивлений, каждый элемент которого равен 1 Ом. Запускается

поворотный механизм токосъемника и на экране осциллографа видим только изменение сопротивления.

В нашем случае, токосъемник расположен в корпусе поворотного стола, поэтому для подключения токосъемника к измерительной цепи необходимо разобрать поворотный стол. Каждая цепь подключается попарно и последовательно относительно друг друга. Для точности измерений производится по несколько замеров, после чего их попарно сравнивают изменения за оборот коллектора с эталонной цепью. Схема принципа работы системы приведена на рисунке 2.2.

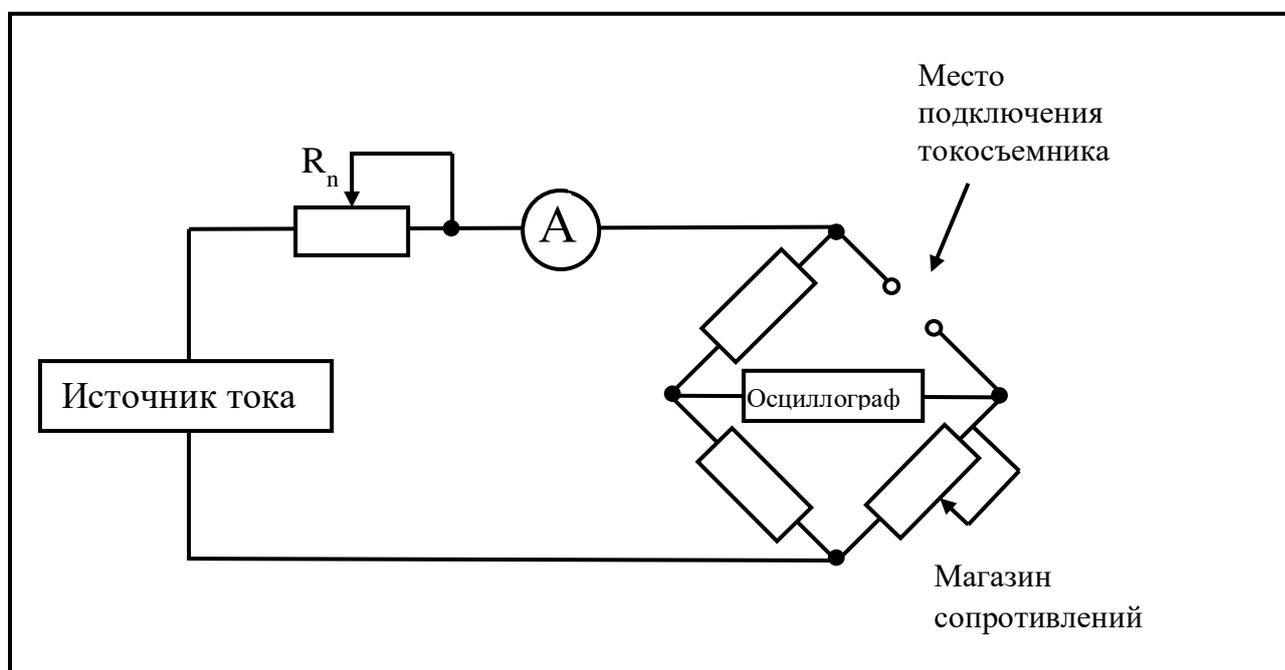


Рисунок 2.2 – Схема принципа работы системы

Применение этой методики проверки на дефектность контактов не эффективно из за больших временных и трудовых затрат, на выполнение этой задачи оператору бы потребовалось до нескольких дней, т.к. устройство поворотного стола довольно сложное и существует необходимость каждый раз его разбирать.

По этой причине было решено разработать систему контроля цепей щеточно-коллекторного узла. Чтобы максимально ускорить процесс проверки следует избавиться от необходимости каждый раз разбирать устройство. Для этого предусмотрим возможность подключения к поворотному столу с помощью переходного кабеля, сопротивление цепей которого будем учитывать при дальнейших измерениях.

В целях автоматизации работы и исключения человеческого фактора при измерении сопротивления контактов, необходимо автоматизировать переключения цепей коммутатора.

Для решения этой проблемы будем использовать контроллер, который будет переключать цепи автоматически. В качестве измерительного прибора используется АЦП/мультиметр.

Для получения высокой точности измерений будем применять четырехпроводную схему для измерения сопротивления.

2.2 Четырехпроводная схема подключения

Предположим, что появилась необходимость замерить сопротивление некоего компонента, расположенного на значительном расстоянии от омметра. Сделать это обычным способом весьма проблематично, так как омметр измерит все сопротивления цепи, включая сопротивления соединительных проводов ($R_{\text{провода}}$) и сопротивление самого компонента ($R_{\text{компонента}}$):

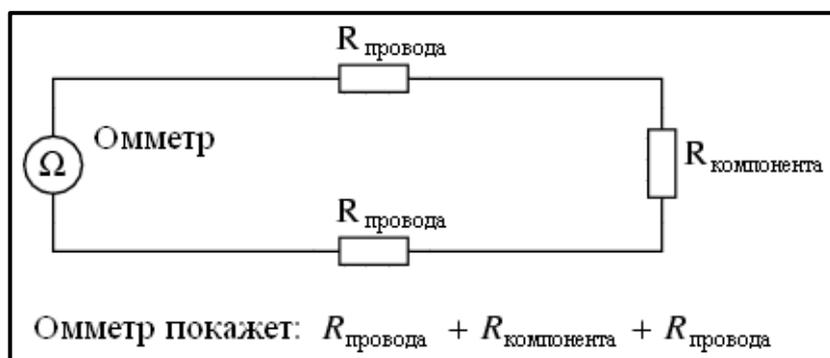


Рисунок 2.3 – Схема измерения сопротивления при помощи омметра

Сопротивление провода, как правило, очень мало (всего несколько Ом на сотни метров, в зависимости от сечения), но, если провода очень длинные, а тестируемый компонент имеет небольшое сопротивление, то ошибка измерения будет существенной.

Выход из сложившейся ситуации можно найти в использовании амперметра и вольтметра. Из закона Ома знаем, что сопротивление равно напряжению, поделенному на силу тока. Таким образом, сможем рассчитать сопротивление компонента, если измерим силу проходящего через него тока и напряжение на его выводах:

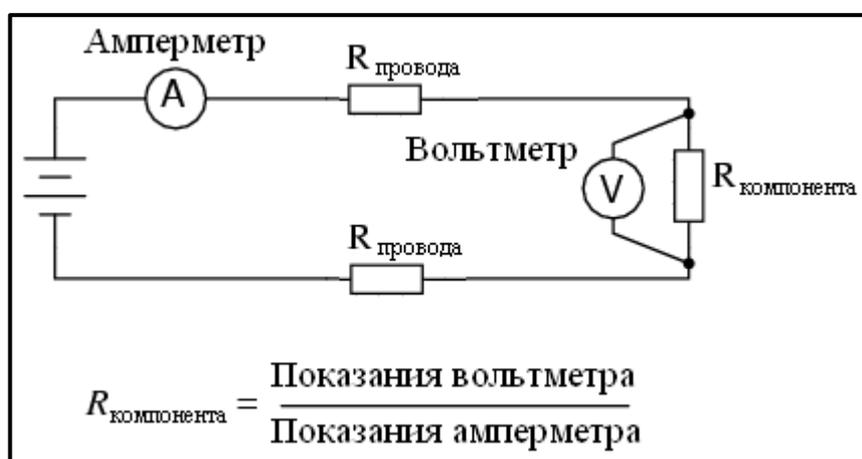


Рисунок 2.4 – Схема измерения сопротивления при помощи вольтметра и амперметра

Так как эта цепь является последовательной, сила тока в любой ее точке будет одинаковой. В связи с этим место подключения амперметра принципиального значения не имеет. Напряжение-же, в отличие от силы тока, на разных компонентах будет различным. Поскольку нам нужно рассчитать сопротивление определенного компонента, то и напряжение будем измерять именно на этом компоненте.

По условиям задачи, замер сопротивления необходимо произвести на некотором расстоянии от тестируемого компонента, а это значит, что вольтметр

будет подключен к тестируемому компоненту посредством длинных проводов, обладающих некоторым сопротивлением [23]:

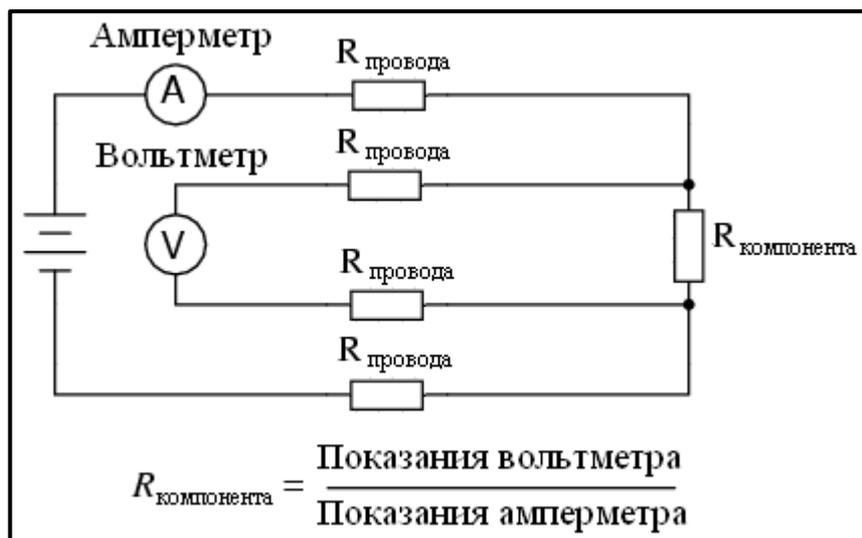


Рисунок 2.5 – Схема измерения сопротивления, где вольтметр подключен посредством длинных проводов

Поначалу может показаться, что все преимущества измерения сопротивления таким образом теряются, потому что длинные провода соединения вольтметра будут вносить дополнительные паразитные сопротивления в цепь. Однако детальное изучение ситуации приводит к выводу, что это не так. Через провода вольтметра будет проходить очень незначительный ток, поэтому падение напряжения на них будет настолько малым, что его можно будет игнорировать. Другими словами, вольтметр будет показывать то же напряжение, что и при прямом подключении к компоненту:

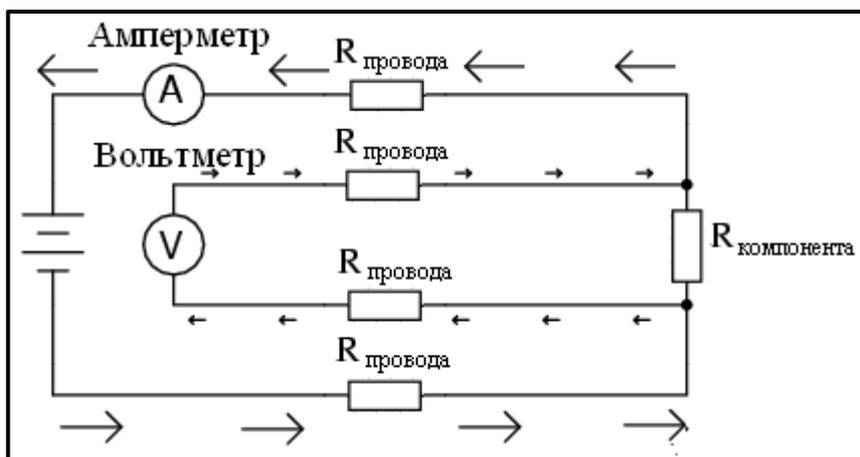


Рисунок 2.6 – Система подключения по четырехпроводной схеме

Любое падение напряжения на проводах цепи, через которые протекает электрический ток, не будет измеряться вольтметром и никоим образом не повлияет на расчет сопротивления испытуемого компонента. Точность измерения может быть улучшена путем минимизации потока электронов через вольтметр. Это достигается с помощью более чувствительного индикатора (рассчитанного для небольшого тока) и / или потенциометрического инструмента (инструмент с нулевым балансом).

Этот метод измерения сопротивления (чтобы избежать ошибок, вызванных дополнительным сопротивлением провода) называется методом Кельвина. Специальные соединительные зажимы, которые облегчают соединение с тестируемым компонентом, называются разъемами Кельвина:

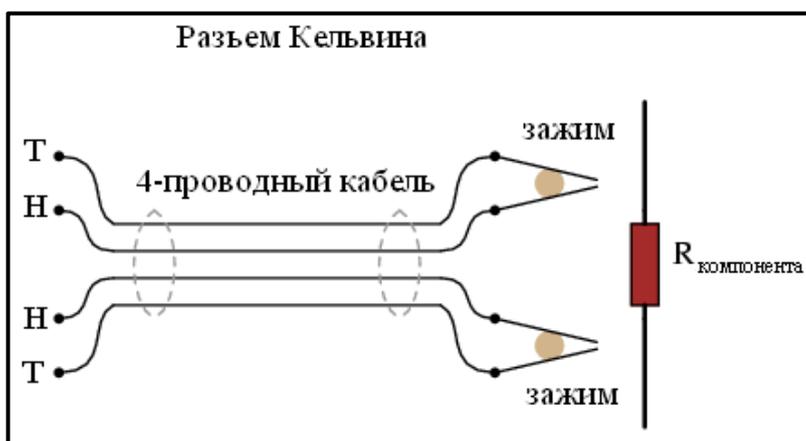


Рисунок 2.7 – Разъем Кельвина

Зажим разъема Кельвина, как правило, похож на зажим типа "крокодил", но между ними есть небольшие различия. Если две половины зажима "крокодил" электрически соединены друг с другом через шарнир, то две половины зажима Кельвина не имеют такого соединения (они изолированы друг от друга). Электрический контакт между ними происходит только в точке крепления к проводу или клемме тестируемого компонента. Благодаря этому ток, проходящий через провод «Т» (ток), не попадает в провод «Н» (напряжение) и не создает ошибок, вызывающих падение напряжения в последнем:

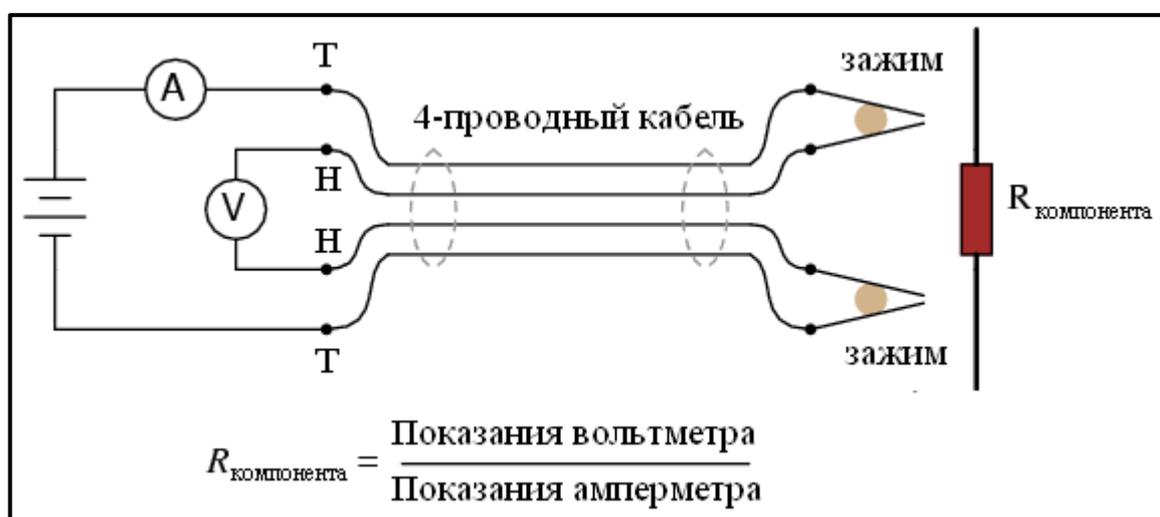


Рисунок 2.8 – Способ подключения разъема Кельвина

Аналогичный принцип используется для измерения силы тока с помощью вольтметра и шунтирующего резистора. Как уже говорилось ранее, шунтирующий резистор в этом случае будет определять, сколько вольт или милливольт напряжения будет приходиться на ампер тока. Иными словами, резистор "преобразует" величину тока в пропорциональную величину напряжения. Таким образом, сила тока может быть точно определена путем измерения напряжения на шунтирующем резисторе:

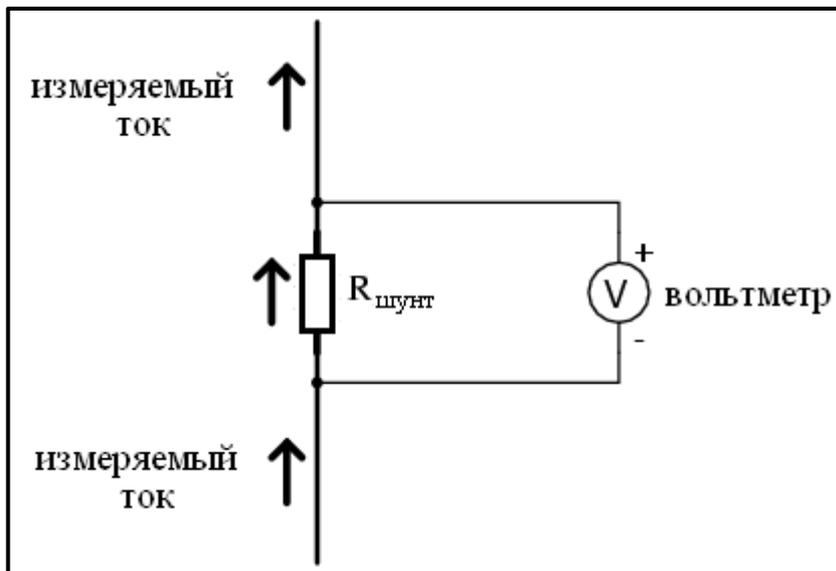


Рисунок 2.9 – Принцип измерения сопротивления на шунтирующем резисторе

Измерение тока при помощи вольтметра и шунтирующего резистора особенно актуально в цепях с токами большой величины. В таких цепях сопротивление шунта будет, вероятно, в пределах милли или микроом, чтобы падение напряжения при полном токе было минимальным. Сопротивление такой малой величины можно сравнить с сопротивлением соединительных проводов, а это значит, что замер напряжения на шунтирующем резисторе нужно произвести так, чтобы избежать измерения падения напряжения на токонесущих проводах. Для того, чтобы вольтметр измерял только напряжение на шунте, без всяких паразитных напряжений, возникающих из проводов и т.д., шунт оснащают четырьмя контактами:

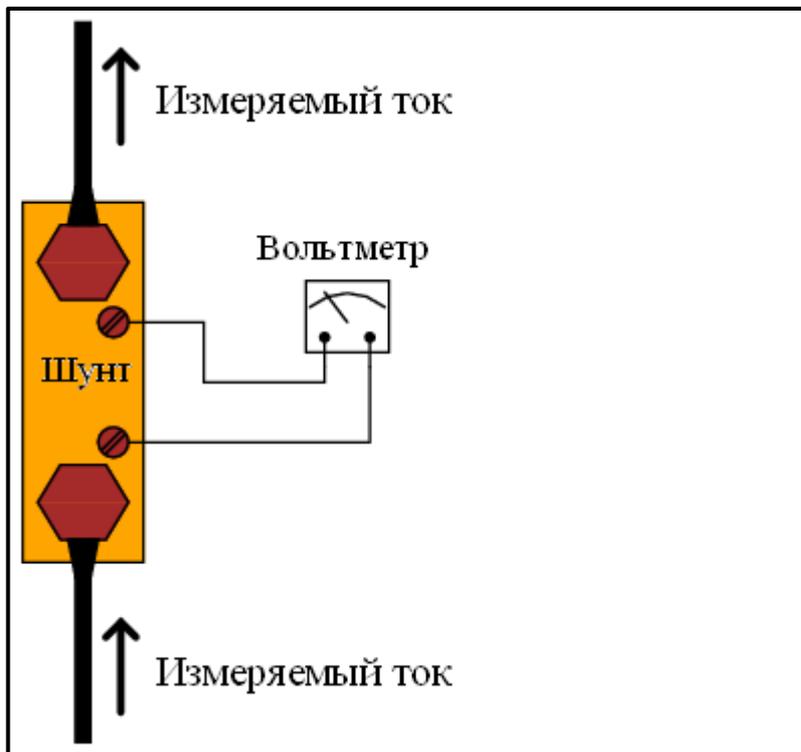


Рисунок 2.10 – Принцип измерения тока при помощи шунта и вольтметра

В метрологических приборах (метрология - наука об измерениях), точность которых имеет первостепенное значение, высокоточные резисторы также оборудованы четырьмя контактами: два - для измерения силы тока, и два - для передачи напряжения вольтметру. С помощью этих контактов вольтметр измеряет напряжение только на резисторе, не учитывая остальные паразитные напряжения.

Стоит отметить, что совместное использование вольтметра и амперметра для измерения сопротивления увеличит ошибку в конечном результате. Поскольку точность этих приборов оказывает непосредственное влияние на результаты измерения, общая их точность может быть хуже, чем точность любого из приборов по отдельности. Например, если и амперметр, и вольтметр имеют точность $\pm 1\%$, любое измерение, проведенное с помощью этих приборов, может потерять в точности $\pm 2\%$.

Более высокую точность измерения можно получить путем замены амперметра на высокоточный резистор, используемый в качестве токоизмерительного шунта. Некоторая погрешность в этом случае все равно будет иметь место, но она будет значительно меньшей, так как точность резистора превышает точность амперметра. После произведенной замены схема, использующая разъемы Кельвина, примет следующий вид:

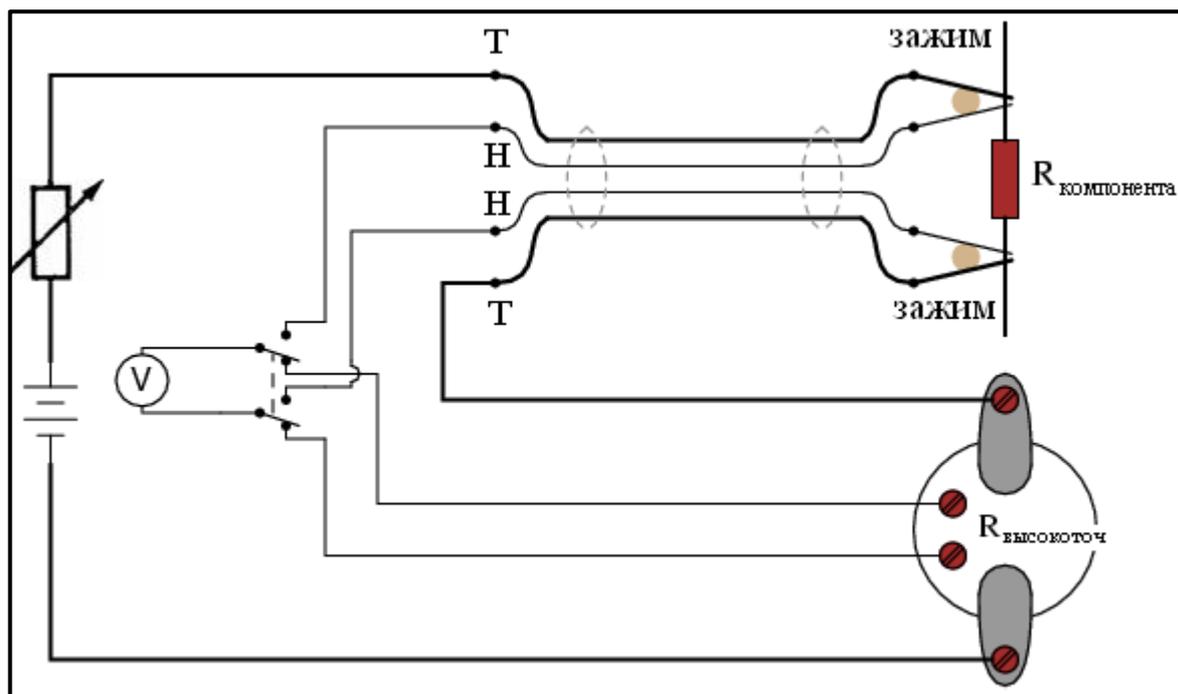


Рисунок 2.11 – Способ подключения при помощи разъема кельвина и шунтирующего резистора

2.3 Системы автоматической коммутации

Система коммутации — это комплекс оборудования, предназначенный для приема и распределения поступающей информации по направлениям связи.

Коммутационные приборы могут быть классифицированы по следующим признакам:

1) по назначению:

- коммутация цепей управления (реле);
- коммутация трактов в поле (искатели, соединители различных типов);

2) по способу удержания точки коммутации в рабочем состоянии:

- механическое удержание;
- электрическое (магнитный поток создается током, протекающим по обмоткам прибора);
- магнитное (магнитный поток для удержания создается либо постоянным магнитом, либо за счет остаточной индукции сердечника или контактных пружин). [24]

Коммутационные приборы характеризуются структурными, электрическими и временными параметрами.

К структурным параметрам относятся:

- число входов n ;
- число выходов m ;
- доступность D ;
- число одновременно коммутируемых линий (проводность) p .

Производными от этих параметров являются общее число точек коммутации и коммутационных элементов, максимальное число одновременных соединений. [24]

К электрическим параметрам относятся:

- коммутационный коэффициент K - отношение сопротивления коммутационного элемента в закрытом (разомкнутом) состоянии $R_з$ к сопротивлению в открытом (замкнутом) состоянии $R_о$;

- вносимое затухание в тракт;
- уровень шумов;
- величина тока, необходимая для переключения коммутационных элементов;
- потребляемая мощность.

Изд	Лист	№ докум	Подпись	Дат

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

25

- К временным параметрам относятся:
- время срабатывания ($t_{ср}$) – интервал времени между подключением питания к управляющим входам и переключением всех коммутационных элементов в рабочее состояние;
- время отпускания ($t_{отп}$) – интервал времени между подачей команды на отключение и возвратом всех коммутационных элементов в нерабочее состояние.

Коммутационные приборы по структурным параметрам делятся на четыре типа:

- 1) Коммутационные приборы типа реле (1×1), которые имеют один вход и один выход (условные изображения показаны на рисунке 2.11).

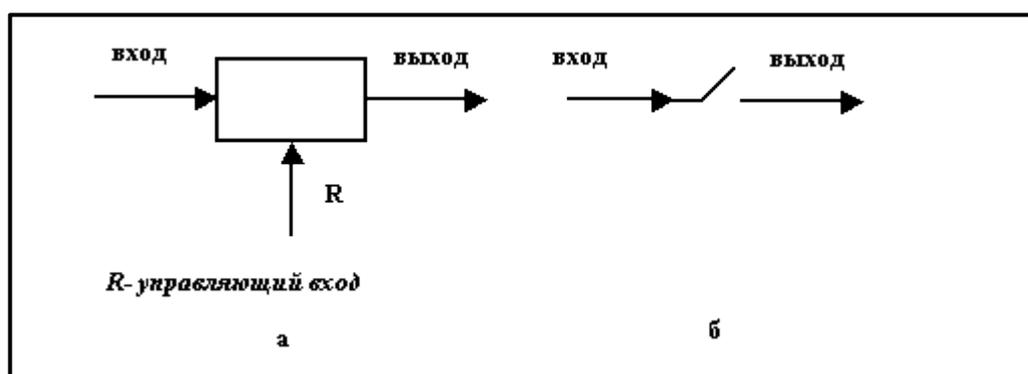


Рисунок 2.11 – Коммутационный прибор типа реле (1×1)

Коммутационное устройство этого типа может находиться в одном из двух состояний: открыто или закрыто. Переход из одного состояния в другое осуществляется под воздействием управляющего сигнала, который поступает на управляющий вход R от управляющего устройства.

- 2) Коммутационные приборы типа искателей ($1 \times m$), которые имеют один вход и m выходов (условные изображения показаны на рисунок 2.12).

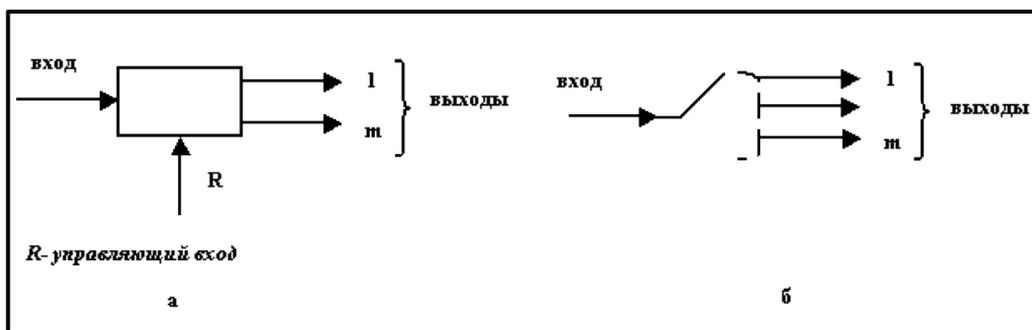


Рисунок 2.12 – Коммутационный прибор типа искателя ($1 \times m$)

В устройстве можно подключить вход к любому выходу, поэтому доступность устройства составляет $D = m$. В устройстве одновременно может быть установлено только одно соединение.

3) Коммутационные приборы типа соединителей ($n \times m$), которые имеют n входов и m выходов (условные изображения показаны на рисунок 2.13).

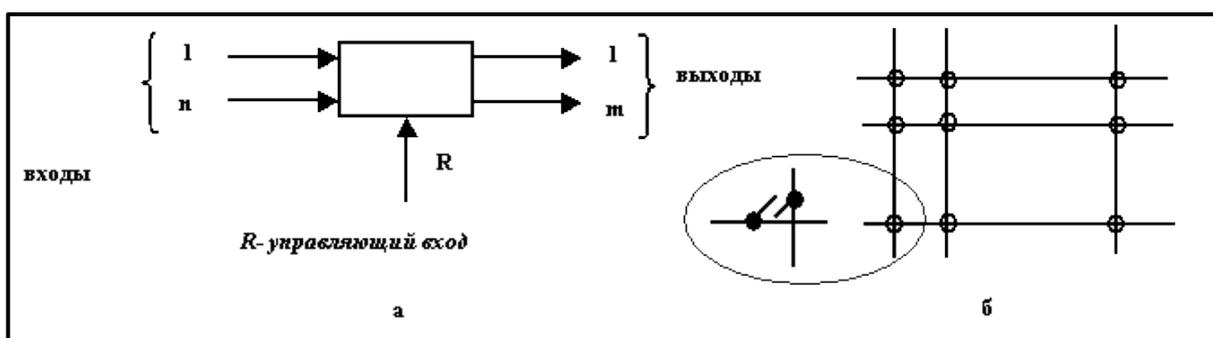


Рисунок 2.13 – Коммутационный прибор типа соединителя ($n \times m$)

Каждый из n входов может иметь доступ к любому из m выходов; следовательно, доступность устройства составляет $D = m$. Устройство может одновременно иметь n соединений, если $n \leq m$, или m соединений, если $n > m$.

4) Коммутационные приборы типа многократных соединителей $n(1 \times m)$, которые имеют n входов и $n \times m$ выходов (условные изображения показаны на рисунок 2.14).

Каждому из n входов доступны только m определенных выходов, следовательно, доступность прибора $D=m$ из общего числа выходов $n \times m$.

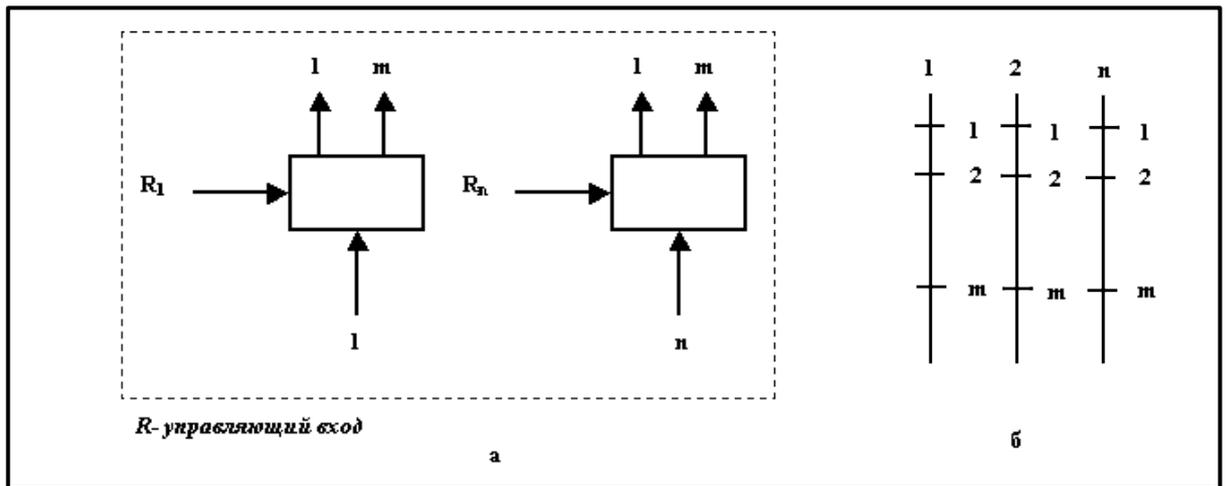


Рисунок 2.14 – Коммутационный прибор типа многократного соединителя $n(1 \times m)$

Основные элементы структурной схемы:

- Пульт;
- Токоъемник с поворотным столом;
- Персональный компьютер.

В состав пульта входит:

- Контроллер;
- Блоки коммутации;
- Источник тока и напряжения.

Структурная схема устройства приведена на рисунке 3.1

									Лист
Из	Лис	№ докум	Подпись	Дат	27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР				30

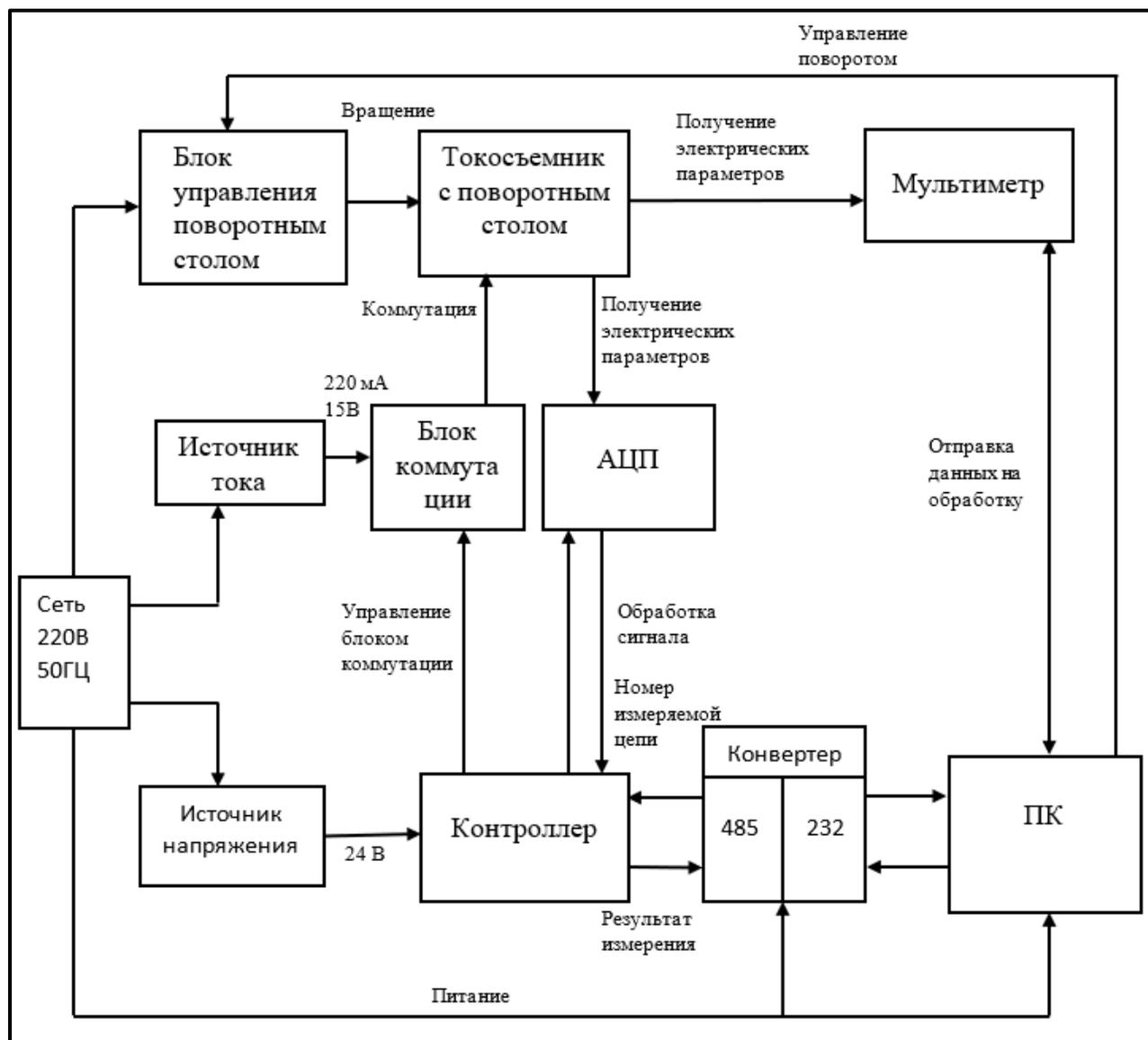


Рисунок 3.1 – структурная схема

Для более полного представления системы разберем каждый элемент структуры:

1 Блок управления поворотным столом – предназначен для вращения токосъемника;

2 Токосъемник с поворотным столом – исследуемый объект представляет из себя 60 токоподводящих колец. Используется для передачи электрических сигналов во вращающихся механизмах (в данном случае он рассматривается в составе поворотного стола, управляется блоком управления)

3 Блок коммутации – в его состав входит блок реле и модули дискретного выхода. Предназначен для переключения проверяемых цепей;

ИЗ	Лист	№ докум	Подпись	Дат
----	------	---------	---------	-----

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

31

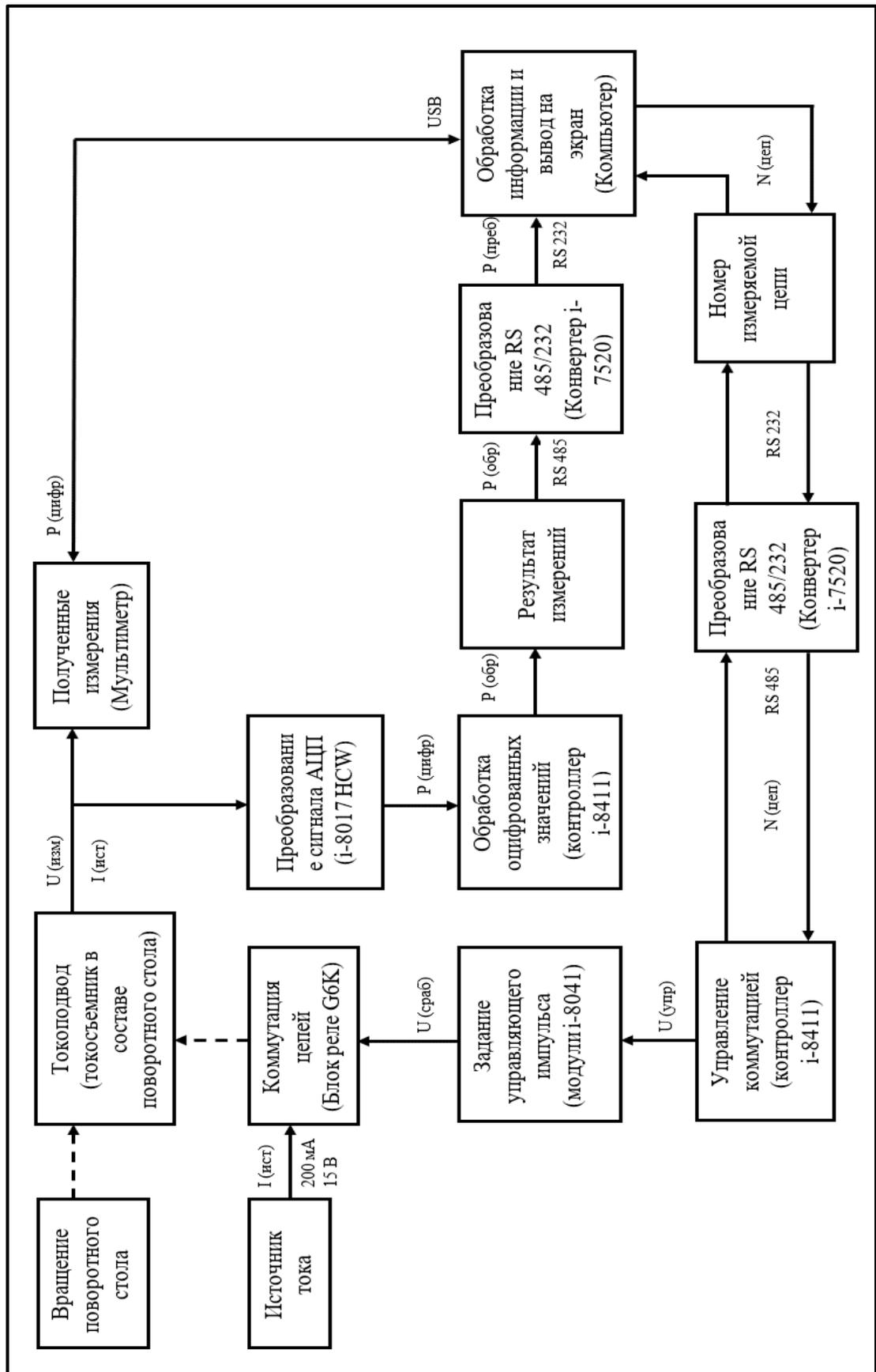


Рисунок 3.2 – функциональная схема системы контроля цепей щеточно-коллекторного узла

Изд.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

4 Персональный компьютер выполняет большую часть функций системы, а именно получение цифровых значений с мультиметра или АЦП, обработка результатов измерений, выбор проверяемой цепи, расчет и вывод результата измерений на экран и в печатном виде.

5 Контроллер также выполняет множество функций, он получает команды от персонального компьютера через конвертер, обрабатывает полученные значения с АЦП и управляет коммутацией.

6 Управление коммутацией помимо контроллера осуществляется и при помощи модулей управления. Модули управления коммутаций задают управляющий импульс для блоков реле.

3.4 Принцип работы системы

Схематическое представление принципа измерений разрабатываемой системы представлено на рисунке 3.5.

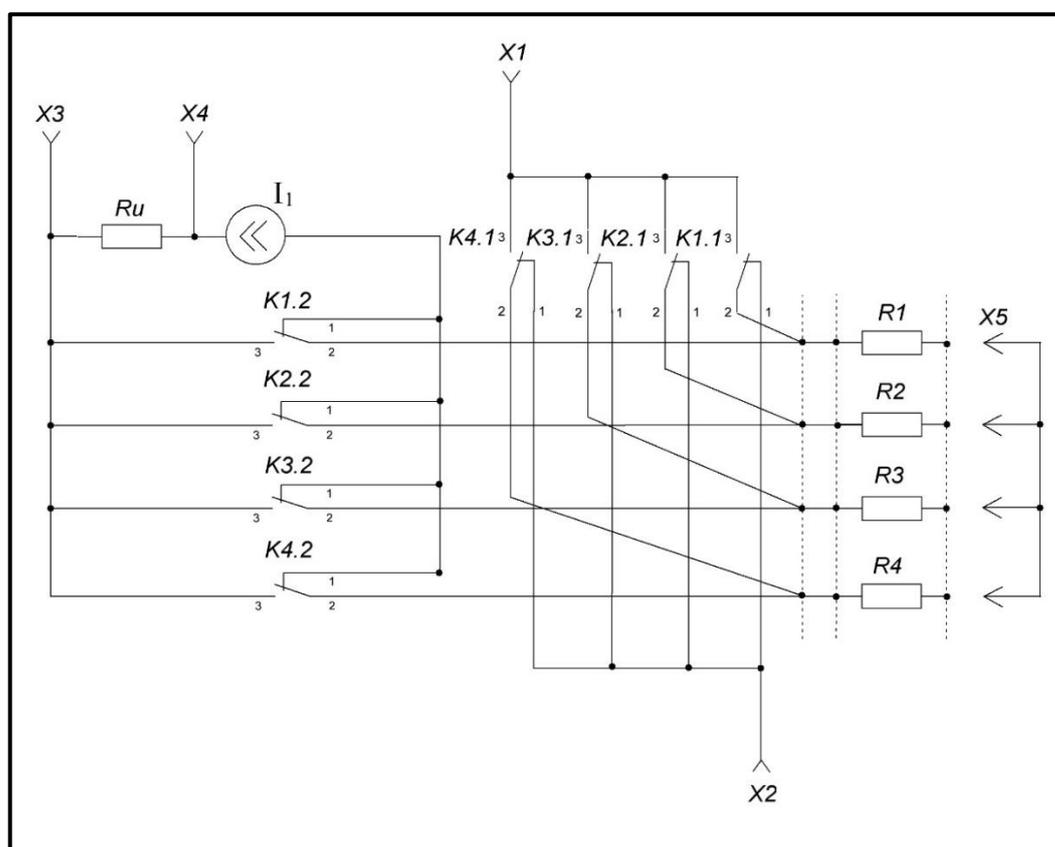


Рисунок 3.5 – Схематическое представление процесса измерений

5 объединение графически несвязанных линий электрической связи в один потенциальный узел как в пределах листа, так и между листами;

6 вставка дополнительных символов на линии связи – точка связи, перемычка, клемма, экран, коаксиальный кабель, скрутка проводов, обозначение кабеля, соединение с корпусом, экранирование;

7 изображение одного элемента на схеме разнесенным способом (например, переменный резистор с выключателем);

8 внесение в базу данных элементов непосредственно при работе над схемой и их дальнейшее использование в других проектах;

9 автоматическое формирование перечня элементов.

База УГО в системе КОМПАС-3D v18.1. Обучающая версия содержит практически все графические обозначения, необходимые для схемотехники. Если каких-либо необходимых УГО нет в базе данных, их легко добавить. Наполнение базы данных компонентов осуществляется непосредственно в процессе проектирования. По запросу пользователя любой новый компонент, созданный в процессе работы, может быть сохранен в базе данных, что позволит использовать его в следующих проектах. Более того, на основе любого компонента, выбранного из базы данных, вы можете создать новый и, при желании, записать его в базу данных. Таким образом, предприятию не придется сталкиваться с проблемой заполнения базы данных компонентами: это происходит в фоновом режиме при работе на схеме. [27]

Далее, нам надо соединить выбранные компоненты в единую схему, что осуществляется с помощью Линий связи. Эти линии обладают свойствами, которые облегчают редактирование схем. Так, линия связи разрывается на УГО при проведении её поверх противоположных выводов, и наоборот – автоматически “срастается” при удалении УГО. Линии связи обладают “эластичностью” – их концы фиксируются в точках подключения УГО, что позволяет сохранять неразрывность проводников при перемещении компонентов.

Изд	Лист	№ докум	Подпись	Дат

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

39

Таким образом, система КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия обеспечивает создание электрической принципиальной схемы в кратчайшие сроки и без ошибок.

Система будет полезна и в тех случаях, когда возникает необходимость получения перечня элементов на основе созданной электросхемы.

Поскольку при проектировании схем все компоненты берутся из базы данных, то формирование документации осуществляется автоматически, “в одно касание”. С учетом того, что изменения в разработанную схему вносятся достаточно часто, работа в привязке к единой базе комплектующих избавляет от необходимости ручного исправления связанных документов и возникающих при этом ошибок.

Интерфейс программы представлен на рисунке 3.6.

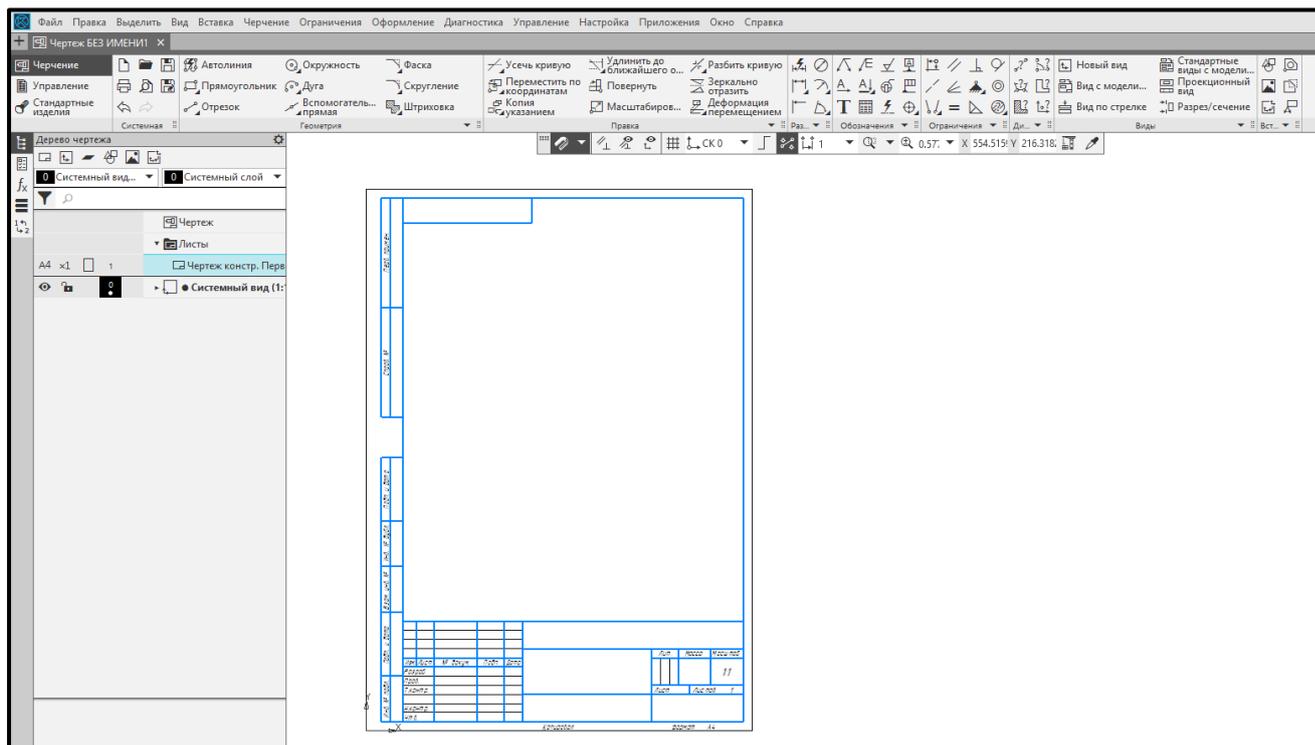


Рисунок 3.6 – Интерфейс программы КОМПАС-3D v18.1

4 Выбор элементной базы

4.1 Подбор основных компонентов системы

После выполнения проектировочных и подготовительных этапов необходимо подобрать все основные компоненты для схемы электрической принципиальной согласно техническому заданию.

4.1.1 Источник тока

Согласно техническому заданию, необходимо разработать источник постоянного стабилизированного тока, который должен обеспечивать 200 ± 2 мА, при собственных шумах источника не более 1%.

Как говорилось при анализе структурной схемы источник тока задает ток коммутации.

Схема электрическая источника тока приведена в Приложении А.

Структурная схема приведена на рисунке 4.1.

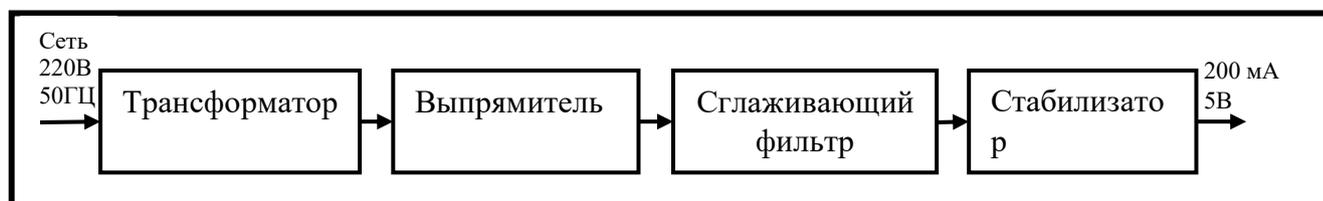


Рисунок 4.1 – Структурная схема источника тока

Принцип работы:

Трансформатор запитывается от сети 220 В 50 Гц. На выпрямитель поступает 9 В. Сигнал после прохождения через фильтр сглаживается и получаем постоянный сигнал 12,73 В и на выходе получаем требуемое значение тока 200 мА. Конденсатор С2 имеет фиксированное значение из тех. документации составляет 0,33 мкФ. Сглаживающий фильтр С1 равен 1000 мкФ.

Изд.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

41

Сопротивление R1 рассчитано согласно основным параметрам фильтра и равно 25,42 Ом, т. к. сопротивления 25,42 Ом не существует воспользуемся рядом сопротивлений E96 на 25,5 Ом, R2 сопротивление нагрузки и оно равно 1 Ом (максимально возможное сопротивление 15 Ом), этого достаточно т.к. нагрузка составляет всего 1 Ом. Типовая схема представлена на рисунке 4.2.

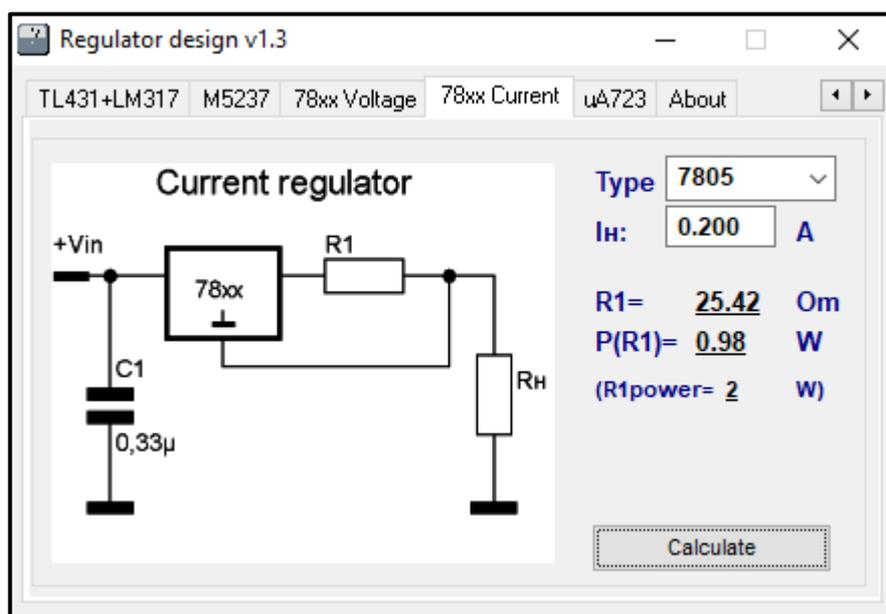


Рисунок 4.2 – Типовая схема подключения стабилизатора LM7805

В соответствии с основными требованиями из технического паспорта на этот фильтр и техническим заданием собрана схема в программе Multisim 12.0. Схема представлена на рисунке 4.3.

Номиналы посчитаны при помощи специального калькулятора Regulator-designv1.2. Расчет параметров источника тока будет приведен в пункте 4.2.5.

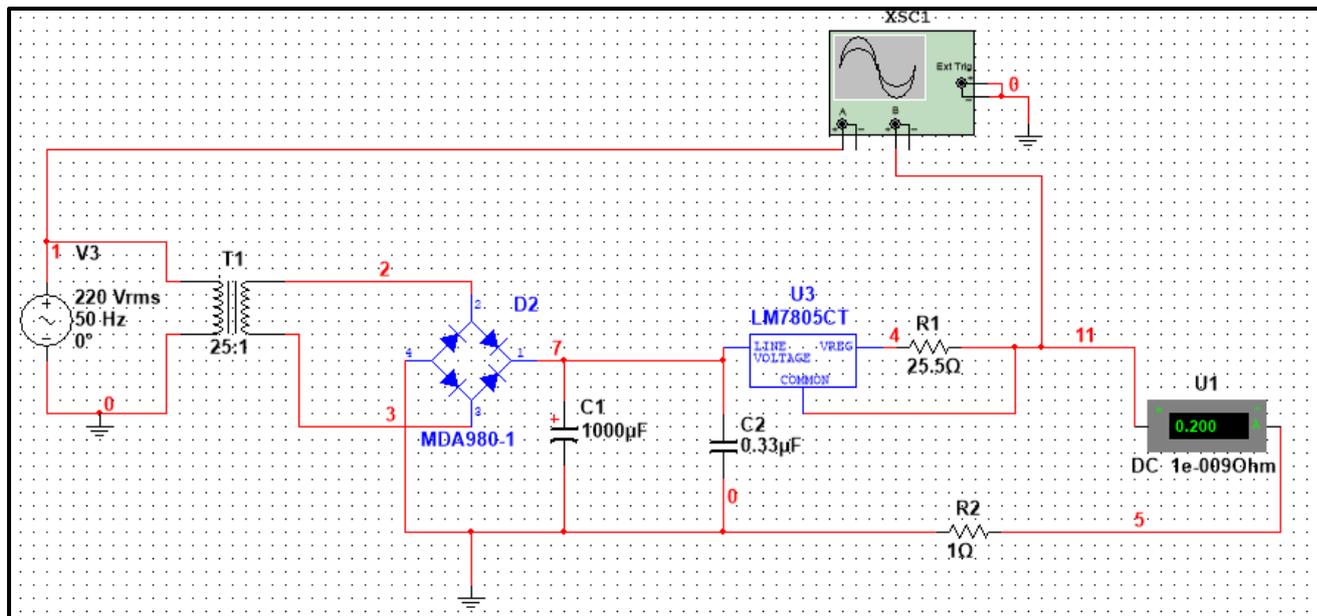


Рисунок 4.3 – Схема включения источника тока

Выбор основных компонентов:

Трансформатор 60021

Таблица 4.1 – Технические характеристики трансформатора 60021

Вторичное минимальное напряжение:	2 x 9В переменного тока
Вторичный ток:	278 мА
Количество выходов:	2
Высота:	19 мм
Диаметр:	49 мм
Максимальная температура:	+60°C
Мощность номинальная:	5 ВА

Продолжение таблицы 4.1

Первичное номинальное напряжение:	115 Вперем. Тока 230В перем. тока
Тип выводов:	Pin
Тип монтажа:	PCB



Рисунок 3.4 – Трансформатор 60021

Трансформатор предназначен для преобразования входного напряжения 220В в 9В.

Стабилизатор LM7805 – регулируемый стабилизатор по току с защитой.

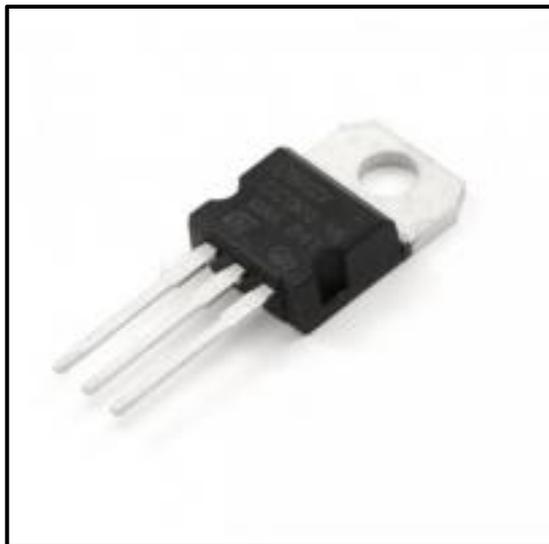


Рисунок 3.5 – Стабилизатор LM7805

Таблица 4.2– Технические характеристики стабилизатора LM7805

Тип стабилизатора:	Линейный
Напряжение стабилизации:	5 В
Максимальный ток:	1,5 А
Максимальное выходное напряжение:	35 В
Корпус:	ТО-220
Рабочая температура:	-10...70 °С

Таблица 4.3 – Пины стабилизатора LM7805

1	IN	Вход
2	LIMIT	Ограничение тока
3	GND	Общий

Продолжение таблицы 4.3

4	ADJ	Опорное напряжение
5	OUT	Выход

Выпрямитель – переводит переменное напряжение в постоянное. CBR25 - 010P. Применяют в быстродействующих импульсных устройствах с максимальным выпрямленным за полупериод током 10 А.

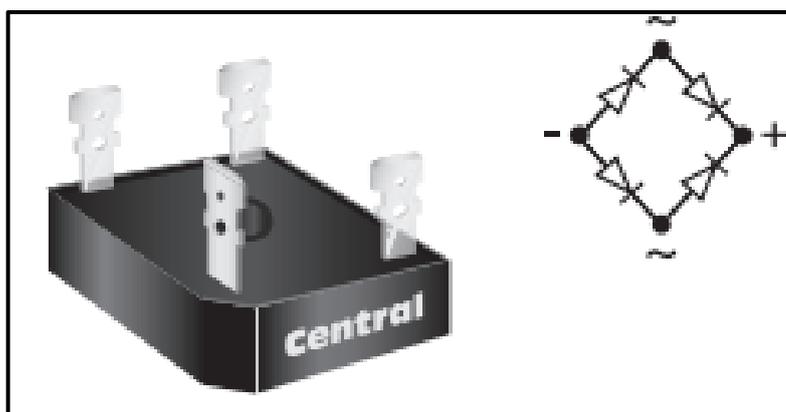


Рисунок 4.6 – Выпрямитель CBR25 - 010P

Таблица 4.4– Технические характеристики выпрямителя CBR25-010P

Материал	Кремний
Максимальное постоянное обратное напряжение, В	100
Максимальное импульсное обратное напряжение, В	100
Максимальный прямой (выпрямленный за полупериод) ток, А	10
Максимально допустимый прямой импульсный ток, А	200
Максимальный обратный ток, мкА 25гр	160
Рабочая температура	-65...150
Корпус	ТО-220АВ

4.1.2 Блок питания

В соответствии с техническим заданием необходимо выбрать блок питания с параметрами напряжение не менее 24 В±10% постоянного тока.

Для реализации поставленной задачи в каталогах предприятия выбран блок питания AMES40- 4SMAZ как один из часто используемых в производстве. Он полностью соответствует техническому заданию (напряжение 24В постоянного тока, допустимое отклонение напряжения 1%, диапазон частот 47-63 Гц).

Таблица 4.5– Технические характеристики блока питания AMES40-4SMAZ

Название		Значение
Выход	Напряжение постоянного тока	24 В
	Номинальный ток	1,66 А
	Диапазон токов нагрузки	0...1,66А
	Номинальная мощность	40 Вт
	Пульсации и шум	100 мВ пик-пик
	Пределы подстройки напряжения	21.8...26.2 В
	Точность	±1.0%
	Нестабильность по напряжению	±0.5%
	Нестабильность по току	±0.5%
	Время установления	117 мс
	Время удержания (тип.)	29 мс

Продолжение таблицы 4.5

Вход	Диапазон напряжений	90...264 В AC 130...370 В DC
	Диапазон частот	47...63 Гц
	КПД (тип.)	82%/115 В AC
	Переменный ток (тип.)	1 А/115 В AC 0.53 А/230 В AC
	Пусковой ток (тип.)	Холодный старт: 25 А/115 В AC, 50 А/230 В AC
	Ток утечки	<1 мА/240 В AC
Защита	от перегрузки	110...140% от номинальной выходной мощности
	от перенапряжения	26.4 В...32.4 В
Условия окружающей среды	Рабочая температура	-40...+85°C
	Рабочая влажность	20...100% отн. влажн. без конденсата
	Условия хранения	-20...+85 °C, 10...95% отн. влажн.
	Температурный коэффициент	±0.02%/°C (0...50°C)



Рисунок 4.6 – Блок питания AMES40- 4SMAZ

Схема подключения блока питания представлена на рисунке 4.7:

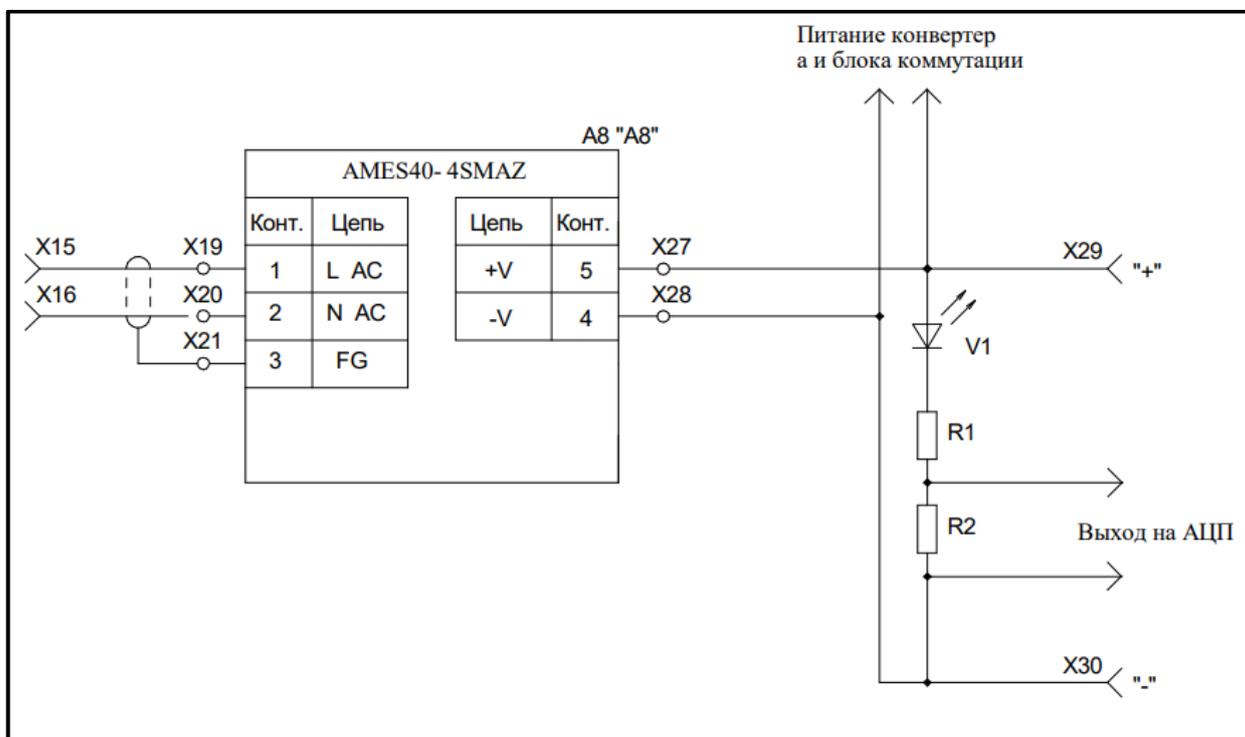


Рисунок 4.7 — Схема подключения блока питания AMES40- 4SMAZ

Принцип работы:

Из сети поступает переменный ток 220В 50 Гц. Блок питания преобразует его в постоянный с напряжением 24В. Он обеспечивает питанием контроллер, АЦП конвертер(I-7520) и блок коммутации (модуль дискретного выхода i-8041 и блоков реле). Для управления напряжением питания выходное напряжения источника поступает на контакты, изображенные на рисунке выше.

Из схемы видно, что на выходе АЦП установлен делитель напряжения (R1, R2), это необходимость в силу того, что выводы модуля аналогового ввода рассчитаны на 10В. Расчеты делителя представлены в пункте 4.2.1.

Делитель напряжения уменьшает напряжение на входах АЦП. На входе источника напряжение равно 24 В. Ток цепи равен 10 мА т.к. последовательно к делителю напряжения установлен светодиод V1 с рабочим током 10 мА.

Для того чтобы АЦП мог функционировать, значение напряжения не должно превышать 10В, для этого сопротивление резистора R2 не должно превышать 1 КОм. Из расчетов в пункте 4.2.1 получим что сопротивление R2 равно 825 Ом и, R1 1575 Ом. Так как не существует резистора с номиналом 1575 возьмем из ряда E48 1620 Ом.

4.1.3 Контроллер

Наиболее распространенными контроллерами, используемыми на предприятии, являются контроллеры icpdas, проанализировав технические характеристики и каталог, была выбрана модель i-8411. Он широко используется специалистами на предприятии и уже имеет опыт работы с этими контроллерами.

Контроллер серии I-80xx выполнен в виде отдельного блока из пластика. Блок состоит из центрального процессора, блока питания, панели управления,

портов связи и объединительной платы для установки модулей ввода / вывода.
[28]

Обеспечен удобный доступ к панели управления, слотам для установки или замены модулей ввода / вывода и коммуникационных разъемов.

На базе контроллера установлен процессор 80188-совместимый процессор с тактовой частотой 40 МГц, он содержит до 512 КБ ОЗУ, до 512 КБ Flash-памяти, встроенные часы реального времени и Watchdog. Встроенный сторожевой таймер представляет собой аппаратную схему сброса, которая контролирует рабочее состояние контроллера. В случае отказа контроллера сторожевой таймер автоматически перезапускает его. Для связи с модулями расширения установлена высокоскоростная последовательная параллельная локальная шина, аналогичная шине ISA и последовательному интерфейсу RS-485. Имеется встроенное средство для самодиагностики. Контроллеры построены на операционной системе MiniOS7, функционально аналогичной MSDOS. Питание контроллера осуществляется постоянным нестабилизированным напряжением от 10 до 30 В. [28]

В устройства с маркировкой I-801x для связи с применяются два последовательных порта: COM1 и COM2. COM1 поддерживает стандартный интерфейс RS-232. COM2 организует связь по RS-485 на основе единственной витой пары. В подобной сети имеется лишь одно главное устройство (Master) и несколько подчиненных (Slave). В качестве главного устройства, как правило, выступает компьютер верхнего уровня.

Контроллер I-80xx имеет встроенную панель управления для простоты использования. Он имеет 5-битный 7-сегментный индикатор, 3 светодиода и кнопки управления. Индикатор отображает информацию о состоянии I-80xx и состоянии аналоговых входных или выходных каналов. Четыре кнопки «Вверх», «Вниз», «Режим», «Установить» позволяют пользователю управлять отображаемыми данными на дисплее и управлять работой контроллера. Кроме

того, на панели имеется индикатор питания и кнопка «Сброс» для сброса контроллера.

Таблица 4.6– Технические характеристики контроллера i-8411

Системное ПО	
Операционная система:	MiniOS7
Базовая среда разработки:	Си
Характеристики процессорного модуля	
Процессор:	80188
Частота процессора:	40 МГц
Разрядность процессора:	8 бит
Оперативная память:	512 КБ
Встроенная Flash-память:	512 КБ
Энергонезависимое ОЗУ:	Опционально до 512 КБ
Память EEPROM:	2 КБ
Часы реального времени и память NVSRAM:	Есть
Уникальный аппаратный номер (64 бит):	Есть
Сторожевой таймер:	Есть
Светодиодный дисплей:	5 разрядов
Кнопочный интерфейс:	4 кнопки
Последовательные порты:	RS-232 - 2
	RS-232/485 –1
	RS-485 - 1
Дополнительные опциональные порты:	RS-232
	RS-485/422
	CAN

	FRnet
--	-------

Продолжение таблицы 4.6

Слоты расширения	
Количество слотов:	4
Поддерживаемые модули ввода-вывода:	I-8000 I-87000 I-8000W I-87000W
Окружающая среда	
Рабочая температура:	-25...+75 °С
Температура хранения:	-30...+85 °С
Относительная влажность:	5...95%
Диапазон входного напряжения:	+10...+30 В
Потребляемая мощность:	3,9 Вт

Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

53



Рисунок 4.9 – Контроллер i-8411

4.1.4 Модуль аналогового ввода (АЦП)

Исходя из требований технического задания, необходимо обеспечить аналогово цифровые преобразования. У фирмы icpdasv комплект к контроллеру можно приобрести совместимые компоненты, в том числе и АЦП.

В качестве такого АЦП был выбран I-8017HCW, главными критерием были частота выборки АЦП, разрядность и точность.

Таблица 4.7– Технические характеристики АЦП-8017HCW

Реализация корпуса	
Внешний вид материала:	Пластиковый корпус
Порты ввода-вывода	
Тип шины:	Параллельная шина
Аналоговый ввод	

Каналов аналогового ввода:	16
Дифференциальных каналов:	8
Каналов с общим проводом:	16
Диапазон входного сигнала по напряжению:	+/-1.25 В, +/-2.5 В, +/-5 В, +/-10 В
Диапазон входного сигнала по току:	-20...+20 мА
Переход в режим измерения тока:	Выбирается переключателем
Частота выборки АЦП:	100 кГц
Разрядность АЦП:	14 Бит
Точность измерений (\pm):	0.1 %
Порты и кабели в комплекте	
Тип коннектора:	Винтовые клеммы
Электропитание	
Мощность потребления:	2 Вт

Продолжение таблицы 4.7

Требования к условиям использования	
Требования к температуре при работе:	-25 ... 75 °С
Требования к влажности:	5 ... 95 %
Требования к температуре хранения:	-30 ... 75 °С

Изд.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

55

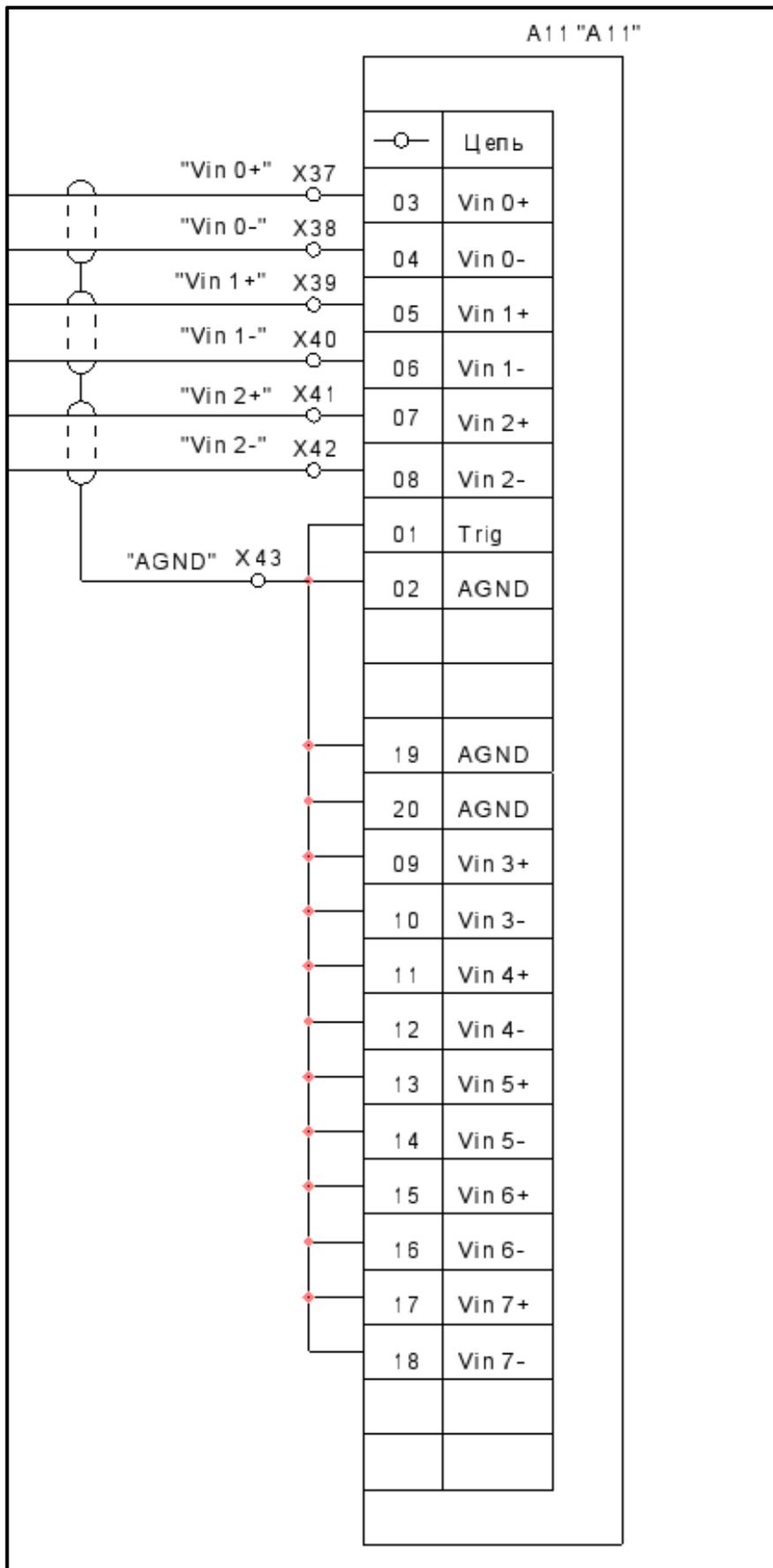


Рисунок 4.11 – Схема подключения АЦП

Принцип работы:

Для реализации системы нет необходимости использовать все контакты АЦП, поэтому будут использоваться только 3 пары контактов.

Контакты Vin 0+ и Vin 0- — это ток от источника тока

Контакты Vin 1+ и Vin 1- — это напряжение цепей токосъемника

Контакты Vin 2+ и Vin 2- — это напряжение от источника питания

Все не используемые контакты заземляются.

С функциональной точки зрения в этой системе АЦП выполняет измерение электрических параметров цепей, получает команды от контроллера и отправляет ему оцифрованные значения на обработку.

4.1.5 Модуль дискретного вывода

Для коммутации реле используется модули дискретного вывода фирмы icpdasI-8041W, они тоже полностью совместимы с контроллером. В силу того, что у токосъемника 60 цепей будет использоваться 2 модуля т.к. один модуль имеет всего 32 канала дискретного вывода.

Таблица 4.8 – Технические характеристики модуля I-8041W

Реализация корпуса	
Внешний вид материал:	Пластик
Интерфейсы ввода-вывода	
Тип шины:	Параллельная
Дискретный вывод	
ТипDO:	Открытый коллектор
Количество каналов DO:	32
Приемник/источник:	Приемник

Продолжение таблицы 4.8

Выходное напряжение:	5 ... 30 В
Максимальный выходной ток:	100 мА
Потребляемая мощность:	1.5 Вт
Условия эксплуатации	
Температура эксплуатации	-25 ... 75 °С
Влажность	5 ... 95 % (без конденсации)

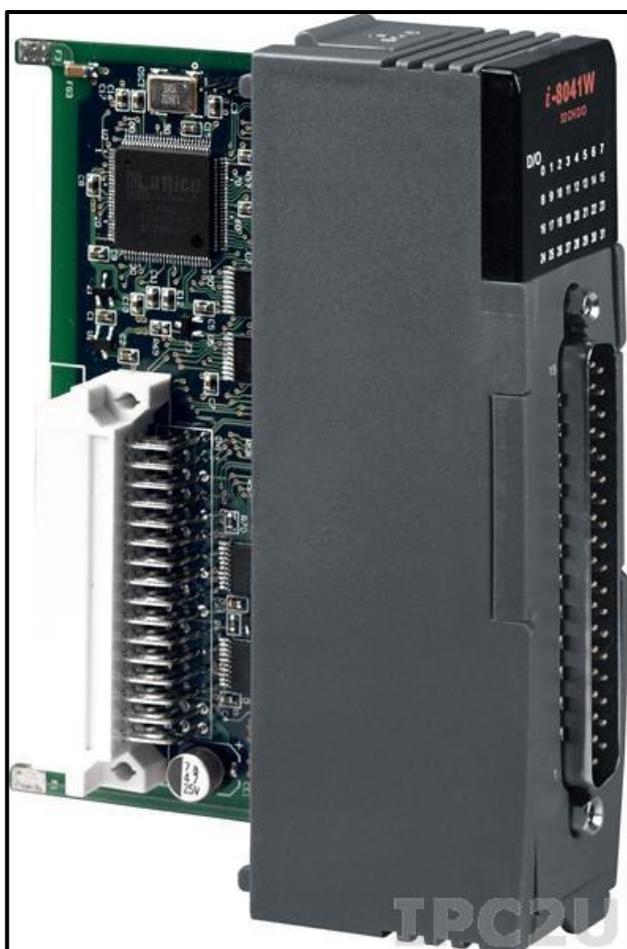


Рисунок 4.15 – Модуль I-8041W

Схема подключения модуля дискретного вывода представлена на рисунке 4.16:

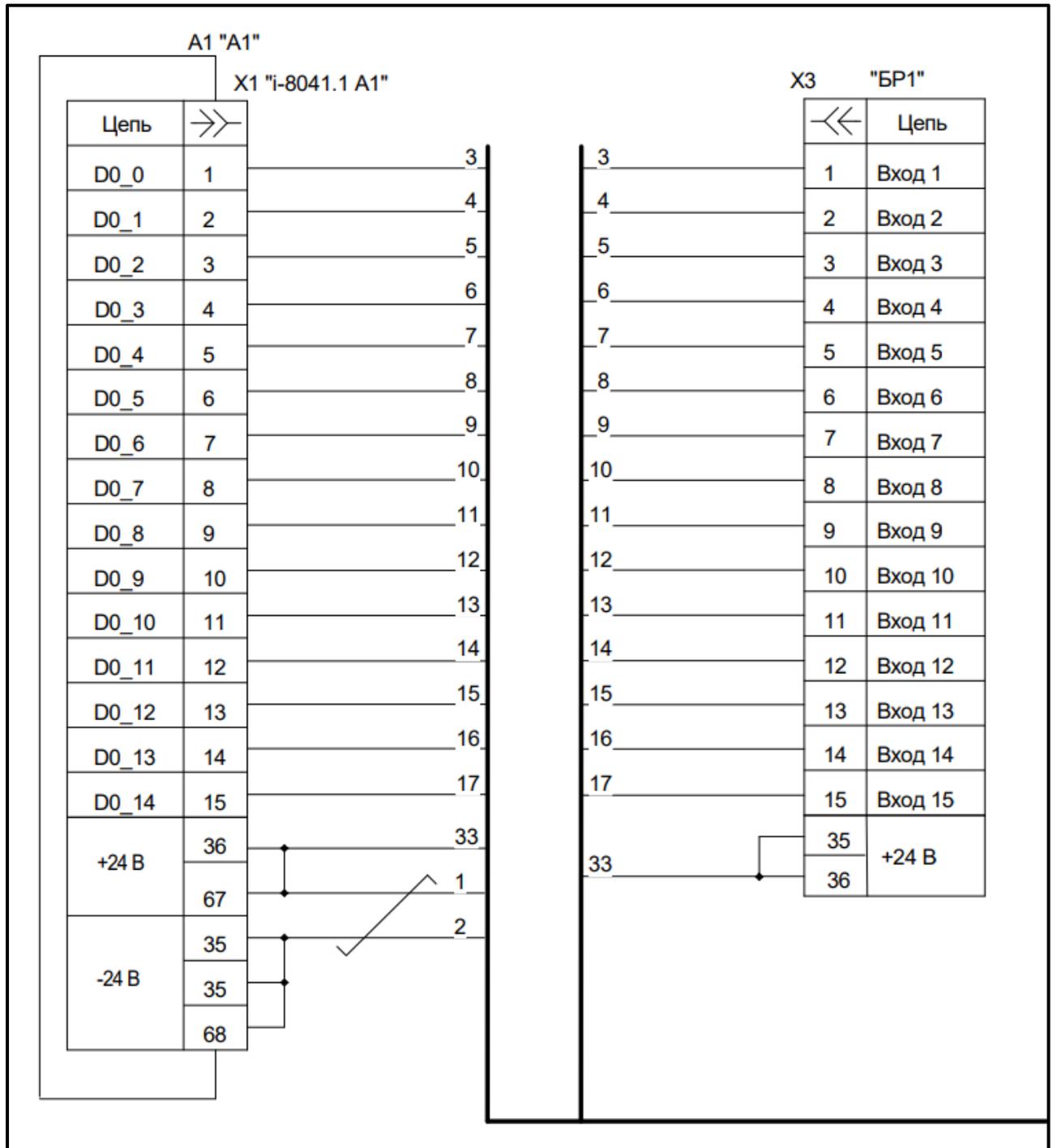


Рисунок 4.16 – Схема подключения модуля дискретного вывода

Принцип работы:

Основная задача модулей заключается в выборке управляющего сигнала (напряжения срабатывания реле).

Из схемы видно, что к первому модулю А1 подключается первый блок реле, состоящий из 15 цепей, он разделен на 2 части измерительную и силовую, каждая из которых состоит из 15 цепей. В общем случае к модулю подключается 60 измерительных цепей и 60 силовых, это следует из условий технического задания. Подробнее о блоках реле в следующем пункте.

4.1.6 Блок реле

Реле – это коммутационное устройство, которое, соединяет и разъединяет электрические цепи или электрические схемы при подаче управляющего сигнала.

Различные виды реле используются в разнообразных направлениях:

- Управление электрических систем.
- Защиты систем от скачков напряжения.
- Обеспечения бесперебойной работы приоритетного оборудования.
- Автоматизации оборудования.

На данный момент наиболее распространенными типами электрических реле являются электромеханические. К ним относятся электромагнитные, индукционные и электротепловые устройства.

От функционирования этих устройств зависит фактическая целостность систем в целом или отдельного дорогостоящего оборудования. В связи с этим, к реле предъявляются строгие требования, такие как надежность, чувствительность и скорость. Отдельные устройства способны реагировать на изменение параметров в выбранном порядке. Например, в случае чрезвычайной ситуации они отключают только поврежденные части системы, в то время как все остальные элементы будут продолжать работать бесперебойно. [30]

									Лист
									61
Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат	27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР				

контактными группами, чтобы проще было ими управлять с одной обмотки не было необходимости подбирать разные реле для силовой и измерительной цепи.

В рамках этой работы выбран блок реле для силовой и измерительной цепи G6K-2F 24V. Основным критерии выбора данного реле это в первую очередь перекидные контакты причем в количестве двух штук, что позволяет разделить измерительную и силовую цепь. Не мало важным фактором послужила цена и скорость коммутации.



Рисунок 4.17 – Реле G6K-2F 24V

Таблица 4.9– Технические характеристики реле G2RK2A24DC

Ток питания обмотки:	постоянный
Классификация реле по начальному состоянию:	моностабильное
Поляризация:	нейтральное
Сопротивление обмотки:	5220 Ом
Номинальное рабочее напряжение:	24 В
Контактный набор:	2 перекл.
Максимальное коммутируемое постоянное напряжение DC/AC:	60/125 В

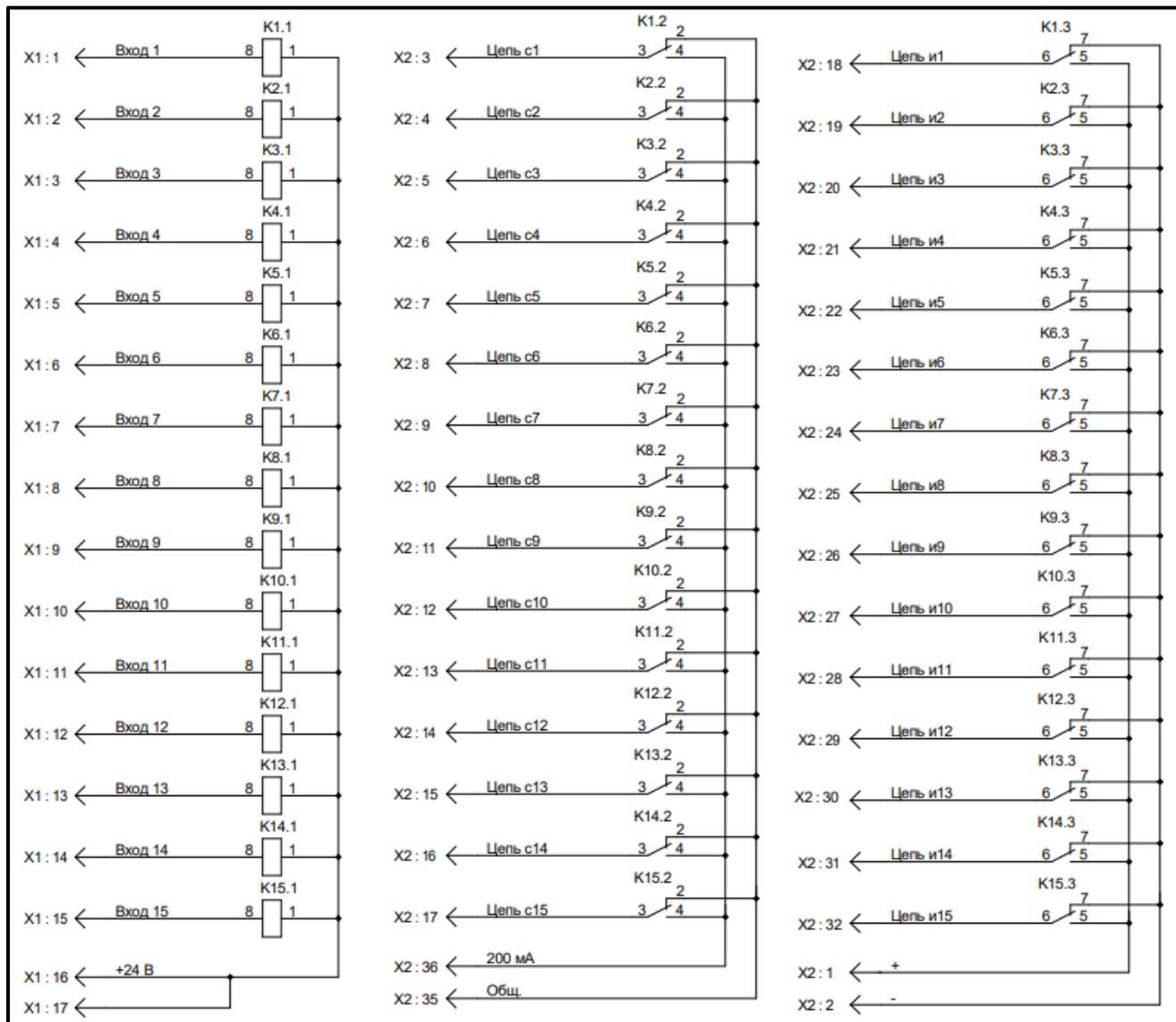


Рисунок 4.18 – Схема подключения блоков реле

4.1.7 Конвертер

Это устройство необходимо для подключения порта компьютера RS-232 к порту контроллера RS-485. При этом передача данных осуществляется автоматически.



Рисунок 4.19 – Конвертер I-7520R

Таблица 4.10 – Технические характеристики Конвертера I-7520R

Реализация корпуса	
Внешний вид материал:	Пластик
Вид монтажа:	На din-рейку
Интерфейсы ввода-вывода	
Общее количество COM-портов:	2
Портов RS-232:	1

Продолжение таблицы 4.10

Максимальная скорость COM-портов RS-232:	115200 Бит/с
Портов RS-485:	1

Изд.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат.
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

67

Максимальная скорость COM-портов RS-485:	115200 Бит/с
Изоляция COM-портов RS-485:	3000 В
Тип разъема COM-портов:	1хDB9, Клеммная колодка
Требования по питанию	
Входное напряжение питания:	10...30 В
Потребляемая мощность:	1.2 В
Условия эксплуатации	
Рабочая температура:	-25 ... 75 °С
Допустимая влажность эксплуатации:	10 ... 90 %
Условия хранения	
Температура хранения:	-30 ... 75 °С

Схема подключения конвертера представлена на рисунке 4.20:

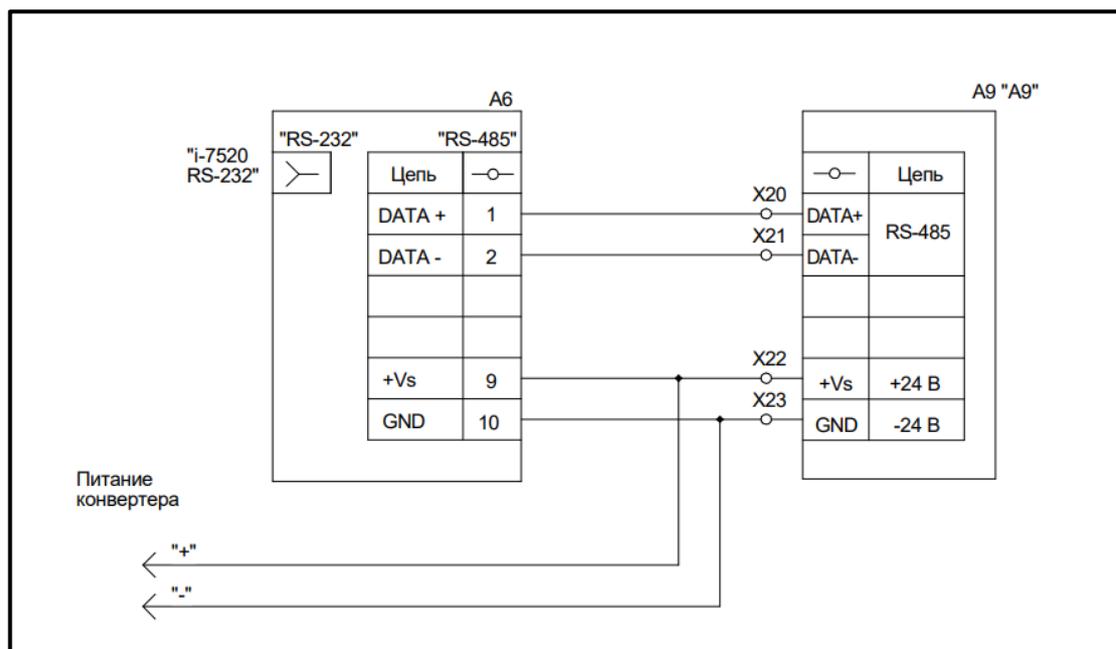


Рисунок 4.20 – Схема подключения конвертера

Принцип работы:

Как видно из рисунка 3.24 на выводах «DATA+» и «DATA-» информация с конвертера А6 и контроллера А9 передается в обе стороны, после чего с выхода RS-232 она поступает на компьютер на такой же интерфейс.

4.1.8 Мультиметр

Мультиметр предназначен для измерения электрических параметров цепи. В разрабатываемой системе уже присутствует способ измерения электрических параметров с помощью АЦП, но по требованиям технического задания необходимо предоставить альтернативный способ измерения.

На предприятии широко используется мультиметр 34461А, основным критерием выбора из других аналогов является его точность, скорость измерения и удобный интерфейс. Помимо всего прочего на протяжении многих лет использования в метрологическом отделе накоплен большой опыт в работе именно с этим мультиметром и написано много программных приложений.

Таблица 4.11 – Технические характеристики мультиметра 34461А

Тип мультиметра	цифровой, портативный
Напряжение постоянное	100 мВ ... 1000 В
Напряжение переменное	100 мВ ... 750 В
Сопротивление	100 Ом ... 100 МОм
Ток постоянный	100 мкА ... 10 А

Продолжение таблицы 4.11

Ток переменный	100 мкА ... 10 А
Частота	3 Гц ... 300 кГц
Базовая погрешность	0,0035%
Разрядность дисплея	6½
Интерфейс	USB, GPIB как опция, LXI
Регистрация мин/макс/сред. значений	Есть
Дополнительные функции	измерение температуры, тест диодов, прозвон цепи, True-RMS



Рисунок 4.21– Мультиметр 34461А

Схема подключения мультиметра представлена на рисунке 4.22.

На схеме подключается к выходам G, H, L (X31, X32, X33). К персональному компьютеру подключается через USB.

Изд	Лист	№ докум	Подпись	Дат
-----	------	---------	---------	-----

27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР

Лист

70

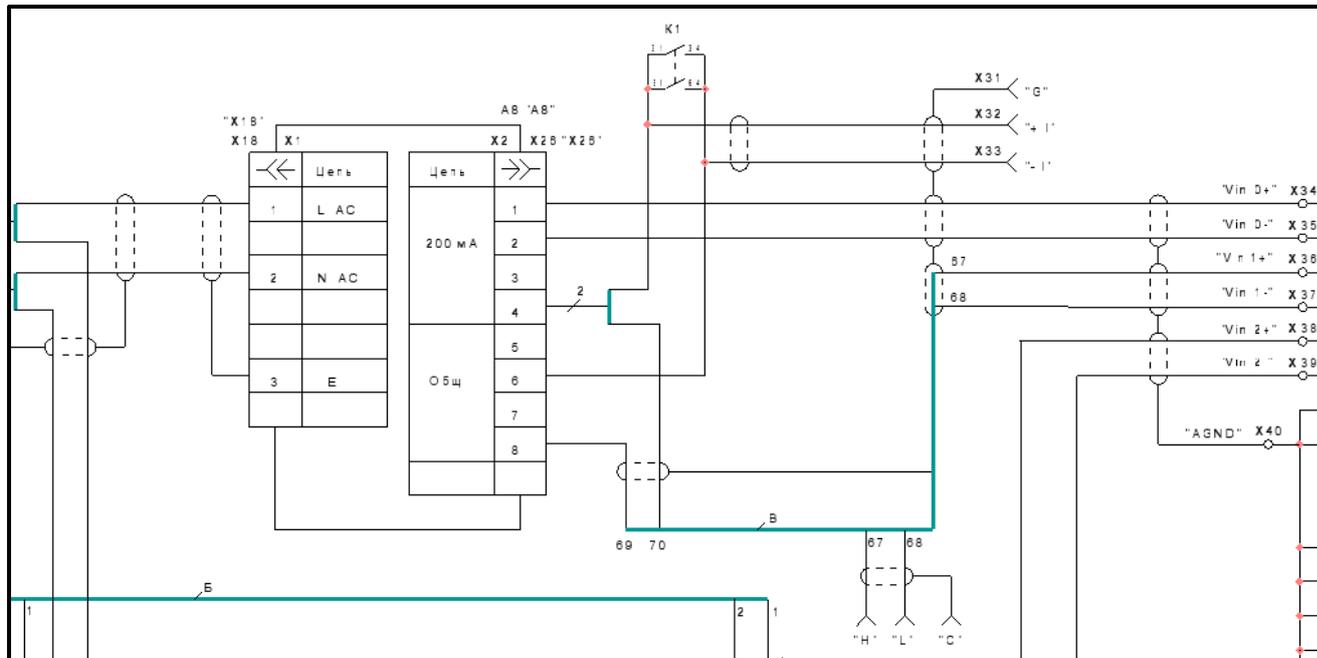


Рисунок 4.22 – Схема подключения мультиметра

4.2 Расчетная часть

В пунктах ниже представлены дополнительные расчеты, а именно: Делителя напряжения, длительность одного оборота, периода измерений, количество измерений за один оборот и параметры источника тока.

4.2.1 Расчет делителя напряжений

Напряжения на входах АЦП не должно превышать 10 В, исходя из технических характеристик АЦП. Так как необходим резистивный делитель (R_1 , R_2), рассчитаем напряжение на резисторе по формуле:

$$U_{R2} = I_{\text{цепи}} \cdot R_2 \quad (1)$$

Получаем что:

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_{\text{цепи}}} \quad (2)$$

Ток в цепи равен 10 мА, ток на светодиоде V1, из технической документации.

$$R_2 = \frac{10}{0,01} = 1000 \text{ Ом}$$

Находим общее сопротивление цепи, чтобы выразить отсюда R_1 , напряжение на источнике равно 24 В.

$$R_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{ист}}}{I_{\text{цепи}}} \quad (3)$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2, \quad (4)$$

$$R_1 = R_{\text{общ}} - R_2 \quad (5)$$

Получим:

$$R_{\text{общ}} = \frac{24}{0.01} = 2400 \text{ Ом}$$

Подставляем и получаем R_1 :

$$R_1 = 2400 - 1000 = 1400 \text{ Ом}.$$

Для того чтобы АЦП мог функционировать, значение напряжения не должно превышать 10В, для этого сопротивление резистора R2 не должно превышать 1 КОм. Исходя из расчетов выберем значения сопротивлений с запасом по напряжению. R2 равно 825 Ом и, R1 1575 Ом. Так как не существует резистора с номиналом 1575 возьмем из ряда E48 1620 Ом.

4.2.2 Расчет длительности одного оборота

По техническому заданию, скорость вращения токосъемника составляет 30градусов в секунду.

$$t_{\text{об}} = \frac{360}{30} \quad (6)$$

$$t_{\text{об}} = 12 \text{ с}$$

4.2.3 Расчет периода измерений

В соответствии с техническим заданием период составляет 0,25 кГц. Период — это обратный показатель частоты.

$$T_{\text{изм}} = \frac{1}{f_{\text{изм}}} \quad (7)$$

$$T_{\text{изм}} = \frac{1}{250} = 0,004 \text{ с}$$

$$T_{\text{изм}} = 0,004 \text{ с}$$

4.2.4 Расчет количества измерений за один оборот

Количество измерений рассчитывается из длительности оборота и периода:

$$N_{\text{изм}} = \frac{t_{\text{об}}}{T_{\text{изм}}} \quad (8)$$

$$N_{\text{изм}} = \frac{12}{0,004} = 3000$$

$$N_{\text{изм}} = 3000$$

4.2.5 Расчет источника тока

Из технического задания следует что источник тока должен обеспечивать 200 ± 2 мА стабилизированного тока.

Из документации на LM 7805 посчитаем постоянный ток, по следующей формуле:

$$I_o = \frac{V}{R_1} \quad (9)$$

где $V = 5$ В из технического паспорта.

$$R_1 = \frac{V}{I_o} \quad (10)$$

$$R_1 = \frac{5}{200} = 25 \text{ Ом}$$

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе разработана система контроля цепей щеточно-коллекторного узла.

Необходимость разработки вызвана отсутствием существующего решения проверки надежности контактов и сопротивления цепей токосъемника в составе поворотного стола.

Разработаны структурная, функциональная, электрическая принципиальная схемы. Произведен подбор и обоснование выбора элементной базы. Сформулированы основные требования на разработку программной части.

Требования технического задания на выпускную квалификационную работу выполнены, разработка системы контроля цепей щеточно-коллекторного узла проведена успешно.

										Лист
										78
Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат	27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР					

Приложение А Схема электрическая принципиальная Пульт

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат		82

Приложение Б Перечень Пульт

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лис	№ докум	Подпись	Дат		83

Продолжение приложения Б Перечень Пульт

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лис	№ докум	Подпись	Дат		84

Продолжение приложения Б Перечень Пульт

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лис	№ докум	Подпись	Дат		85

Приложение В Схема электрическая принципиальная Источник тока

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат		86

Приложение Г Перечень Источник тока

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лис	№ докум	Подпись	Дат		87

Приложение Д Схема электрическая принципиальная Блок реле

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лис	№ докум	Подпись	Дат		88

Приложение Е Перечень Блок реле

					27.03.04.2020.203.03.105 ПЗ ВКР	Лист
Из	Лист	№ докум	Подпись	Дат		89