



Министерство образования
Республики Беларусь

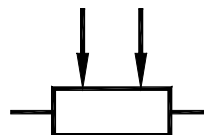
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного профиля»
Кафедра «Тракторы»

П.В. ЗЕЛЁНЫЙ
В.В. РАВИНО
Ч.И. ЖДАНОВИЧ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ

Учебно-методическое пособие



Минск
БНТУ
2012

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного профиля»
Кафедра «Тракторы»

П.В. ЗЕЛЁНЫЙ
В.В. РАВИНО
Ч.И. ЖДАНОВИЧ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.
ПРАКТИКУМ
ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ

Учебно-методическое пособие

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2012

УДК 744:621 (076.5)

ББК 30.11я7

3-48

Р е ц е н з е н т ы:

доцент кафедры «Инженерная графика»

Белорусского государственного технологического университета,

канд. техн. наук *Н.И. Жарков*;

профессор кафедры «Строительные и дорожные машины»

Белорусского национально технического университета,

д-р техн. наук *В.В. Яцкевич*

Зелёный, П.В.

3-48 Инженерная графика. Практикум по электрическим схемам: учебно-методическое пособие / П.В. Зелёный, В.В. Равино, Ч.И. Жданович. – Минск: БНТУ, 2012. – 95 с.

ISBN 978-985-525-766-1.

Практикум дает подробное представление о схемах как графических конструкторских документах, требованиях к их выполнению и оформлению в соответствии с седьмой классификационной группой ЕСКД. Приведены термины и определения, общие для всех схем, виды и типы схем, правила их выполнения основные сведения об электрических схемах различных типов.

Предлагается методика изучения правил выполнения и оформления электрических принципиальных схем как составной части конструкторской документации. Приведены индивидуальные задания в 30 вариантах для выполнения графических работ.

Практикум может использоваться на практических занятиях при изучении темы «Чертежи и схемы по специальности», а также при самостоятельном изучении этой темы в курсе инженерной графики студентами технических специальностей всех форм обучения, а также при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 744:621 (076.5)

ББК 30.11я7

ISBN 978-985-525-766-1

© Зелёный П.В., Равино В.В.,
Жданович Ч.И., 2012

© БНТУ, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О СХЕМАХ.	6
1.1. Определения и термины.	6
1.2. Виды и типы схем.	7
1.3. Общие правила выполнения схем.	11
1.3.1. Требования к выполнению схем.	11
1.3.2. Особенности построения схем.	13
1.3.3. Графические обозначения и дополнительная информация на схемах.	14
2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ.	37
2.1. Структурные электрические схемы, их назначение.	37
2.2. Функциональные электрические схемы и указания на них.	38
2.3. Принципиальные электрические схемы, изображение отдельных элементов, заполнение перечня, обозначения и указания на схемах.	38
2.4. Электрические схемы подключения, условные графические обозначения на схемах.	42
2.5. Общие электрические схемы, расположение графических обозначений, указания на схемах.	44
2.6. Электрические схемы расположения, изображение составных частей и их расположение, указания на схемах.	46
2.7. Примеры условных изображений электрических схем.	47
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО СИНТЕЗУ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ.	63
4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.	65
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.	81
5.1. Учебные и справочные издания.	81
5.2. Технические нормативные правовые акты.	81
ПРИЛОЖЕНИЯ.	84
Приложение 1. Общие правила оформления чертежей в соответствии со стандартами ЕСКД.	84
Приложение 2. Методические указания по оформлению графических работ.	91
Приложение 3. Чертежные материалы, принадлежности и инструменты.	94

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная графика представляет собой учебную дисциплину, входящую в цикл общенаучных и общепрофессиональных дисциплин подготовки специалистов с высшим образованием по большинству направлений и групп специальностей. Она является объединительным курсом, предусматривающим согласно образовательным стандартам изучение следующих разделов: «Начертательная геометрия», «Проекционное черчение», «Машиностроительное черчение», «Инженерная компьютерная графика и моделирование». Инженерная графика несет основную нагрузку в графической подготовке инженера, являясь одним из важных компонентов и его общетехнической подготовки.

Инженерная графика – это первая ступень обучения студентов основным правилам выполнения и чтения конструкторской документации и решения на чертежах инженерно-технических задач, получения для этого необходимых знаний, умений и навыков в соответствии с образовательными стандартами.

Машиностроительное черчение – это раздел инженерной графики, в котором на учебных чертежах изучаются основные правила выполнения и оформления рабочей конструкторской документации в соответствии со стандартами ЕСКД. Детальное изучение и закрепление знаний стандартов ЕСКД осуществляется в процессе выполнения индивидуальных графических работ, предусмотренных программой.

Основная цель изучения раздела «Машиностроительное черчение» – это приобретение знаний и навыков выполнения и чтения конструкторской документации.

Учебные задачи курса машиностроительного черчения заключаются в следующем:

- дальнейшее развитие техники выполнения чертежей;
- изучение стандартов ЕСКД по выполнению и чтению чертежей реальных машиностроительных деталей и изделий различного назначения с учетом технологий их получения;
- усвоение правил пользования справочными материалами при выполнении чертежей;
- усвоение правил нанесения размеров в соответствии со стандартами ЕСКД и с учетом основных положений конструирования и технологии деталей машин;

- усвоение правил и приобретение навыков выполнения чертежей сборочных единиц в соответствии со стандартами ЕСКД (сборочного чертежа);
- усвоение правил разработки рабочей конструкторской документации по чертежам общих видов изделий;
- изучение правил выполнения и чтения чертежей и схем по обучаемой специальности.

Глубина изучения отдельных тем машиностроительного черчения может быть различной, что устанавливается учебными программами согласно стандарту специальности, в зависимости от направления и профиля специальности, количества часов, выделяемых на изучение дисциплины, ее расположения в учебном плане.

Чтение и выполнение схем как графических конструкторских документов, усвоение требований к их выполнению и оформлению в соответствии с седьмой классификационной группой ЕСКД, усвоение терминов и определений, общих для всех видов и типов схем – обязательно к изучению в завершающей теме машиностроительного черчения «Чертежи и схемы по специальности». Студентам предлагается выполнять принципиальные кинематические, электрические, электронные, гидропневматические и другие схемы. Они облегчают изучение устройства и принципа действия изделия или системы.

Одним из видов схем, изучаемых по целому ряду специальностей на этапе изучения инженерной графики, являются электрические схемы. Данное учебно-методическое пособие позволит ознакомить студента с правилами выполнения принципиальных электрических схем, с требованиями, предъявляемыми соответствующими стандартами к условным графическим обозначениям, с методикой анализа и синтеза реальных электрических систем, а также с элементарными сведениями об устройстве и принципе действия соответствующих элементов.

Изучение основывается на выполнении схемы устройства, содержащего знакомые, преимущественно со школьной скамьи, и другие легко узнаваемые элементы. При этом предлагается самостоятельно включить в схему недостающие элементы электрической цепи, выбрав их в соответствии с вариантом задания из таблицы.

При оформлении графических работ необходимо соблюдать требования действующих государственных стандартов ЕСКД (прил. 1).

В прил. 2 приведены методические указания по оформлению графических работ.

Графические работы согласно приведенным образцам следует выполнять на стандартных листах белой чертежной бумаги формата А3.

В прил. 3 приведено описание чертежных материалов, принадлежностей и инструментов, рекомендуемых при оформлении графических работ.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О СХЕМАХ

1.1. Определения и термины

Схема – это графический конструкторский документ, на котором составные части изделия или системы изделий и связи между ними показываются условными обозначениями и изображениями. Являясь составной частью конструкторской документации, схема содержит необходимые данные для проектирования, регулировки, контроля, ремонта и эксплуатации изделия, разъясняет основные принципы действия и последовательность процессов при работе механизма, прибора, устройства, сооружения и т. п. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению регламентируются соответствующими стандартами седьмой классификационной группы ЕСКД, содержащей следующие термины и определения:

Элемент схемы – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (например, трансформатор, резистор, диод и т. п.).

Устройство – совокупность элементов, представляющих собой единую конструкцию (например, плата).

Функциональная группа – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Функциональная часть – элемент, функциональная группа и устройство, выполняющие определенную функцию.

Функциональная цепь – линия, канал, тракт определенного назначения.

Линия взаимосвязи – отрезок линии, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

Установка – условное обозначение объекта в энергетических сооружениях, на которое выпускается схема.

1.2. Виды и типы схем

ГОСТ 2.701–84 устанавливает виды и типы схем изделий всех отраслей промышленности и общие требования к выполнению этих схем, а также электрических схем энергетических сооружений.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, схемы подразделяют на следующие виды, обозначаемые буквами:

- электрические – Э;
- гидравлические – Г;
- кинематические – К;
- оптические – Л;
- вакуумные – В;
- газовые – Х;
- энергетические – Р;
- деления изделия на составные части – Е;
- комбинированные – С.

В зависимости от основного назначения схемы подразделяют на следующие типы, обозначаемые цифрами:

- структурные – 1;
- функциональные – 2;
- принципиальные (полные – для электрических схем) – 3;
- соединений (монтажные для электрических схем) – 4;
- подключения – 5;
- общие – 6;
- расположения – 7;
- объединенные – 0.

Наименование схемы определяется ее видом и типом (например, схема электрическая принципиальная).

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Функциональные части изображают в виде прямоугольников. Допускается отдельные части показывать в виде условных графических обозначений.

Если элементы схемы изображают в виде прямоугольников, то наименование, обозначения (номера) или типы (шифры) элементов устройств вписывают внутрь прямоугольников. При обозначении функциональных частей схемы номерами или кодами последние должны быть расшифрованы на поле схемы в таблице произвольной формы.

На линиях взаимосвязей направление хода процессов обозначают стрелками в соответствии с ГОСТ 2.721–74, причем построение схемы должно давать представление о ходе рабочего процесса в направлении слева направо.

Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и используют их для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема разъясняет определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях или в изделии в целом. Она используется при изучении принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте.

На схеме изображают функциональные части изделия, участвующие в определённом процессе, и связи между этими частями. При этом рекомендуется приводить на схеме технические характеристики функциональных частей (рядом с графическим обозначением или на свободном поле схемы), поясняющие надписи, диаграммы.

Принципиальная схема (полная) определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. Она служит основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений (монтажных) и чертежей. Используется схема для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте.

Схема соединений (монтажная) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода. Схема используется при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей в изделии (установке), а также для осуществления присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок).

На схеме изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (разъемы, платы, зажимы и т. п.) и соединения между ними. Устройства показывают в виде прямоугольников или внешними очертаниями. В последнем случае внутри устройств допускается помещать условные графические обозначения элементов.

Схема подключения показывает внешние подключения изделий. Она используется при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

На этой схеме изображают изделие, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т. п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей, адреса). Изделия и их составные части показывают в виде прямоугольников, а входные или выходные элементы – в виде условных графических обозначений.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Она используется при ознакомлении с комплексом, а также при его контроле и эксплуатации. На схеме показывают в виде прямоугольников устройства и элементы, входящие в данный комплекс, провода, жгуты и кабели, соединяющие их. Входные и выходные элементы изображают в виде условных графических обозначений с учетом их действительного расположения внутри устройств. Около элементов и устройств помещают их наименование и тип.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости, также проводов, жгутов кабелей. Используется при эксплуатации и ремонте. На схеме изображают составные части изделия и, при необходимости, связи между ними, конструкцию на которой расположены эти части. Последние показывают в виде внешних очертаний или условных графических обозначений. Наименования и типы устройств и элементов помещают около их изображений, или при большом количестве составных частей изделия эти сведения записывают в перечень элементов и присваивают этим частям позиционные обозначения.

Объединенная схема может быть выполнена по усмотрению разработчика в виде совмещения на одном конструкторском документе схем разных типов, например принципиальной и соединений, соединений и подключения. При этом должны быть соблюдены правила, установленные для схем соответствующих типов. Наименование такого объединенного документа определяется видом и объединяемыми типами схем, например, схема электрическая принципиальная и соединений.

Комбинированная схема разрабатывается тогда, когда в состав изделия входят элементы разных видов, из-за чего на изделие требуется разработать несколько схем одного типа. Эти схемы можно заменить одной комбинированной схемой. Наименование такой

схемы определяется соответствующими видами скомбинированных схем и типом схемы (например, схема электрогидравлическая принципиальная).

Схемы прочих видов и типов допускается разрабатывать, если в связи с особенностями изделия объем сведений, необходимых для его проектирования, регулировки, контроля, ремонта и эксплуатации, не может быть передан в комплекте документации в схемах установленных видов и типов. Номенклатура, наименования и коды схем прочих видов и типов устанавливаются в отраслевых стандартах.

1.3. Общие правила выполнения схем

1.3.1. Требования к выполнению схем

Номенклатура схем на изделие определяется разработчиком. Число типов схем должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия.

Схемы выполняются на листах стандартных форматов; при этом основные форматы являются предпочтительными. Выбранный формат должен обеспечить как компактное выполнение схемы, так и ее наглядность и удобство пользования ею. Допускается выполнять схему определенного типа на нескольких листах или вместо одной схемы определенного вида и типа выполнять совокупность схем того же вида и типа, причем каждая схема должна быть оформлена как самостоятельный документ. При разработке на изделие нескольких схем определенного вида и типа в виде самостоятельных документов допускается в наименовании схемы указывать название функциональной цепи (например, схема электрическая принципиальная цепей питания).

Наименование схемы вписывают в графу 1 основной надписи после наименования изделия, для которого выполняется схема, шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия.

Каждой схеме присваивается *код*, состоящий из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы. Пример обозначения электрической принципиальной схемы изделия: *БНТУ.ХХХХХХ.ХХХЭЗ*.

При выпуске на изделие нескольких схем определенного вида и типа каждой схеме присваивают обозначение по ГОСТ 2.201–80, как самостоятельному конструкторскому документу, и, начиная со второй схемы, к коду схемы добавляют через точку порядковый номер (арабскими цифрами), например:

БНТУ.ХХХХХХ.ХХХЭЗ, *БНТУ.ХХХХХХ.ХХХЭЗ.1,*
БНТУ.ХХХХХХ.ХХХЭЗ.2 и т. д.

Входящие в схему элементы указываются в таблице, называемой перечнем. Перечень элементов схемы помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода соответствующей схемы, например, код перечня элементов к электрической принципиальной схеме – ПЭЗ. При этом в основной надписи (графа 1) указывают наименование изделия, а также наименование документа «Перечень элементов». Перечень элементов записывают в спецификацию, к которой он выпущен.

Таблицу перечня элементов (рис. 1.1) заполняют сверху вниз. При выполнении перечня на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. При необходимости продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы. При разбивке поля схемы на зоны перечень элементов дополняют графой «Зона», указывая в ней обозначение зоны, в которой расположен данный элемент.

Перечень элементов в качестве самостоятельного документа выпускается на листах формата А4, основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104–2006 (формы 2 и 2а).

Элементы в перечень записываются группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, причем в пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, их располагают в порядке возрастания порядковых номеров. Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между группами элементов или между элементами.

The drawing shows a table with a total width of 185 units. The table is divided into five columns. The first column is labeled 'Зона' (Zone) and has a height of 15 units. The second column is labeled 'Поз. обозн.' (Positional designation) and has a width of 20 units. The third column is labeled 'Наименование' (Name) and has a width of 110 units. The fourth column is labeled 'Кол.' (Quantity) and has a width of 10 units. The fifth column is labeled 'Примеч.' (Remarks). The total height of the table is 8 mm. The dimensions are indicated with arrows and numerical values.

Зона	Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примеч.

Рис. 1.1. Таблица данных, поясняющая принципиальную схему

В графах перечня указываются следующие данные:

- 1) «Зона» – обозначение зоны в соответствии с ГОСТ 2.104–2006 (на некоторых чертежах графа не заполняется);
- 2) «Поз. обозн.» – позиционное обозначение элемента, устройства или обозначение позиционной группы;
- 3) «Наименование» – наименование элемента или устройства по ГОСТ, ТУ или каталогу и т. д.
- 4) «Примеч.» – технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании (при необходимости);
- 5) «Кол.» – количество соответствующих элементов.

Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, начиная с единицы, в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз и в направлении слева направо.

1.3.2. Особенности построения схем

Схемы выполняют без учета действительного пространственного расположения частей изделия и без соблюдения масштаба. Условные графические обозначения элементов на схеме допускается располагать в том же порядке, в котором они расположены в изделии, при условии, что это не нарушит удобочитаемость схемы.

Графические обозначения элементов и соединяющие их линии связи располагают на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков, иметь минимальное количество пересечений и изломов. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Линии связи в пределах одного листа изображают, как правило, полностью. Допускается их обрывать, если они затрудняют чтение схемы. Обрывы линий связи заканчивают стрелками и около них указывают места обозначений прерванных линий, например, подключения, и (или) необходимые характеристики цепей (например, полярность, потенциал и т. д.).

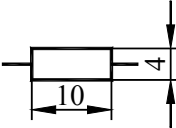
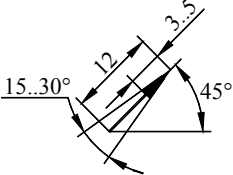
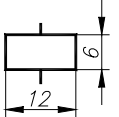
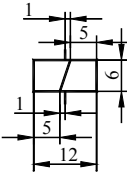
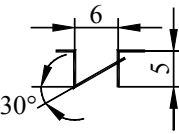
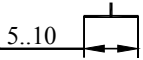
1.3.3. Графические обозначения и дополнительная информация на схемах

При выполнении схем применяют следующие графические обозначения: условные графические обозначения, установленные в стандартах ЕСКД или построенные на их основе; упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические); прямоугольники. При необходимости используют нестандартизованные графические обозначения. В этом случае, так же как и при применении упрощенных внешних очертаний, на схеме приводят соответствующие пояснения.

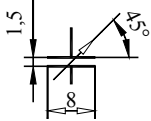
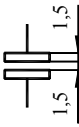
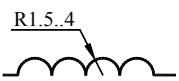
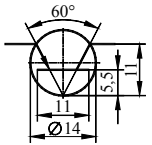
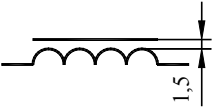
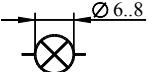
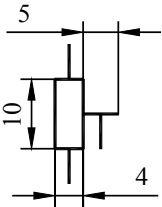
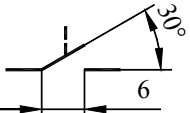
Стандартные условные графические обозначения элементов изображают в размерах, установленных в соответствующих стандартах (табл. 1.1). Если размеры стандартом не установлены, то условные графические обозначения должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандарте на условные графические обозначения. Допускается все изображения пропорционально увеличивать (при вписывании в них поясняющих знаков) или уменьшать (при этом расстояние между двумя соседними линиями должно быть не менее 1,0 мм).

Таблица 1.1

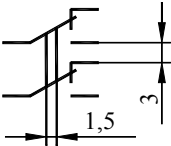
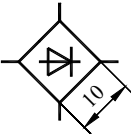
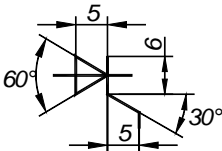
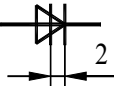
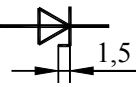
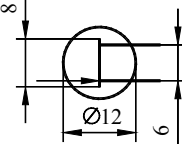
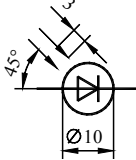
Размеры условных графических обозначения линий связи и элементов в принципиальных электрических схемах

Наименование	Обозначение
Резистор постоянный	
Движение или регулирование линейное	
Катушка электромеханического устройства	
Катушка электромеханического устройства с одной обмоткой	
Контакт коммутационного устройства	
Корпус (машины, аппарата)	

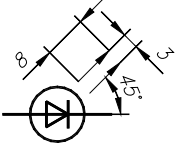
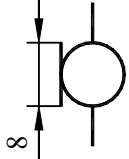
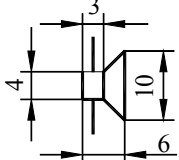
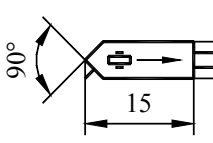
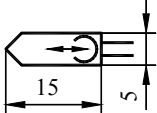
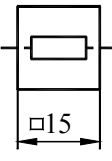
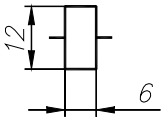
Продолжение табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Конденсатор переменной емкости	
Конденсатор электролитический	
Обмотка параллельного или независимого возбуждения машины постоянного тока, трансформатора, дроселя, магнитного усилителя	
Транзистор	
Обмотка параллельного или независимого возбуждения	
Лампочка накаливания осветительная и сигнальная	
Резистор	
Выключатель или переключатель	

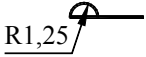
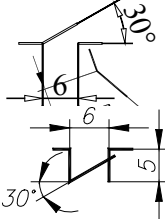
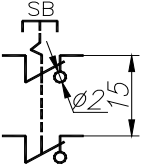
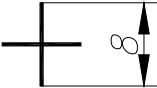
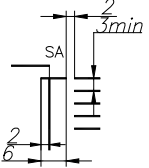
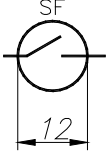
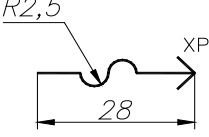
Продолжение табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Переключатель с одной группой переключающих контактов	
Диод, стабилитрон	
Тиристор с управлением по катоду	
Тиристор	
Диод, стабилитрон	
Транзистор	
Фотодиод	

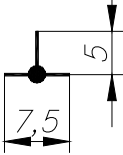
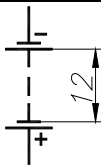
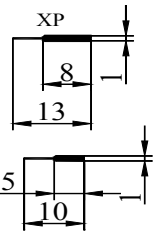
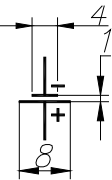
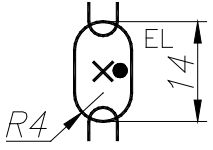
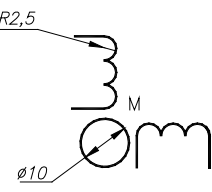
Продолжение табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Прибор световой сигнализации	
Микрофон	
Громкоговоритель	
Звукосниматель	
Звукосниматель	
Электродпечь	
Катушка реле или контактора	

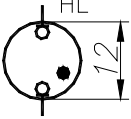
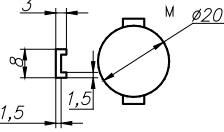
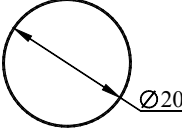
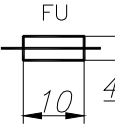
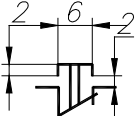
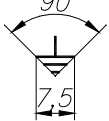
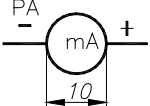
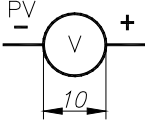
Продолжение табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Контакт сильноточный	
Переключатель с одной группой переключающих контактов	
Кнопочный переключатель с фиксацией положения	
Пересечение проводников	
Галетный переключатель	
Геркон	
Щуп измерительного прибора	

Продолжение табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Соединение проводников	
Батарея гальванических элементов либо аккумуляторов	
Контакт вилки	
Гальванический элемент либо аккумулятор	
Люминесцентная лампа	
Электродвигатель переменного тока	

Продолжение табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Неоновая индикаторная лампа	
Коллекторный электродвигатель постоянного тока	
Статор	
Плавкий предохранитель	
Кнопочный переключатель	
Заземление	
Миллиамперметр	
Вольтметр	

Окончание табл. 1.1

Наименование	Обозначение
Штырь и штепсель	
Контакт соединения неразборного (контрольная точка, монтажная стойка)	
Гнездо	
Контакт соединения разборного (зажим)	
Контакт неразборного соединения (контрольная точка, монтажная стойка)	
Подвижный контакт	
Заземление	
Трансформатор: 1 – первичная, 2, 3 – вторичные обмотки	

Условные графические обозначения элементов выполняют линиями той же толщины, что и линии связи. Толщина линий связи должна быть 0,2–1,0 мм. Размеры условных графических обозначений, а также толщины их линий должны быть одинаковыми на всех схемах данного изделия (установки). На схемах условные графические обозначения элементов изображают в положении, в котором они даны в соответствующих стандартах, или повернутых на угол, кратный 90°. Допускается обозначения поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать их зеркально повернутыми.

Условные графические обозначения, содержащие цифры или буквенные обозначения, допускается изображать повернутыми против часовой стрелки только на угол 90° или 45°.

На схемах допускается приводить различные технические данные, характер которых определяется видом и типом схемы. Эти сведения помещают около графических обозначений (по возможности справа или вверху) или на свободном поле схемы (по возможности над основной надписью). Около графических обозначений элементов и устройств помещают, в частности, номинальные значения их параметров, а на свободном поле – диаграммы, таблицы, текстовые указания.

В табл. 1.2 представлены кодовые обозначения элементов электрических схем, в табл. 1.3 – элементы электрических схем, их условные обозначения и внешний вид.

Таблица 1.2

Кодовые обозначения элементов электрических схем

Наименование	Обозначение
Устройства: усилители, приборы телеуправления и т. п. (общее обозначение)	A
Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) и электрических величин в неэлектрические, датчики для указания или измерения (общее обозначение)	B
Громкоговоритель	BA
Телефон (капсоль)	BF
Микрофон	BM
Пьезоэлемент	BQ

Продолжение табл. 1.2

Наименование	Обозначение
Звукосниматель	BS
Конденсатор	C
Микросхема аналоговая интегральная	DA
Микросхема интегральная цифровая, логический элемент	DD
Устройство задержки (общее обозначение)	DT
Элементы разные (общее обозначение)	E
Лампа осветительная	EL
Разрядники, предохранители, устройства защиты (общее обозначение)	F
Предохранитель плавкий	FU
Генераторы, источники питания, кварцевые генераторы (общее обозначение)	G
Батарея гальванических элементов, аккумуляторов	GB
Устройства индикационные и сигнальные (общее обозначение)	H
Прибор звуковой сигнализации	HA
Индикатор символьный	HG
Прибор световой сигнализации	HL
Реле, контакторы, пускатели (общее обозначение)	K
Реле времени	KT
Катушка индуктивности, дроссель (общее обозначение)	L
Двигатель (общее обозначение)	M
Прибор измерительный (общее обозначение)	P
Амперметр (миллиамперметр, микроамперметр)	PA
Счетчик импульсов	PC
Частотомер	PF
Омметр	PR
Измеритель времени действия, часы	PT
Вольтметр	PV
Ваттметр	PW
Резисторы постоянные и переменные (общее обозначение)	R
Терморезистор	RK
Шунт измерительный	RS
Варистор	RU
Выключатели, разъединители, короткозамыкатели в силовых цепях (в цепях питания оборудования) (общее обозначение)	Q
Выключатель или переключатель	SA
Выключатель кнопочный	SB

Окончание табл. 1.2




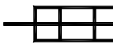



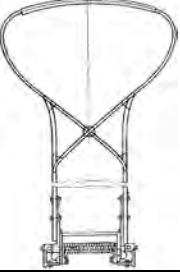



Наименование	Обозначение
Выключатель автоматический	SF
Трансформатор, автотрансформатор (общее обозначение)	T
Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи (общее обозначение)	U
Модулятор	UB
Демодулятор	UR
Дискриминатор	UI
Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
Приборы полупроводниковые и электровакуумные (общее обозначение)	V
Диод, стабилитрон	VD
Транзистор	VT
Тиристор	VS
Прибор электровакуумный	VL
Линии и элементы СВЧ (общее обозначение)	W
Антенна	WA
Соединение контактное (общее обозначение)	X
Штырь (вилка)	XP
Гнездо (розетка)	XS
Соединение разборное	XT
Соединитель высокочастотный	XW
Устройства механические с электромагнитным приводом (общее обозначение)	Y
Электромагнит	YA
Устройства оконечные, фильтры (общее обозначение)	Z
Ограничитель	ZL
Фильтр кварцевый	ZQ

Таблица 1.3







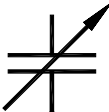

Элементы электрических схем и их условные обозначения в схемах

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
1. Резистор постоянный	R			Резистор – элемент, обладающий сосредоточенным сопротивлением протеканию электрического тока, намного большим сопротивления подводящих ток проводников
2. Резистор переменный	R			
3. Резистор переменный с двумя подвижными контактами	R			
4. Предохранитель плавкий	FU			Плавкий предохранитель – коммутационный электрический элемент, предназначенный для отключения защищаемой цепи путем расплавления защитного элемента
5. Предохранитель пробивной	FU			



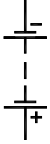


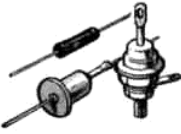
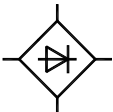

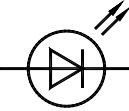
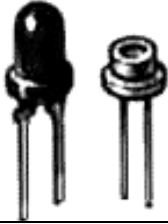
Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
6. Катушка электромеханического устройства	—			Катушка – свернутый в спираль изолированный проводник, обладающий значительной индуктивностью при относительно малой емкости и малом активном сопротивлении. Такая система способна запасать энергию при протекании электрического тока
7. Катушка электромеханического устройства с одной обмоткой	—			
8. Катушка термическая предохранительная	—			
9. Катушка электромеханического устройства трехфазного тока	—			
10. Токосъемник	ХА			Токосъемник – устройство моторных вагонов электрического подвижного состава, служащее для съема тока с контактного провода или рельса
11. Токосъемник управляемый (пантограф)	ХА			
12. Токосъемник управляемый с третьего рельса	ХА			

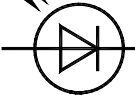

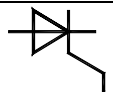
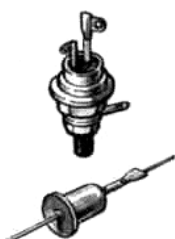

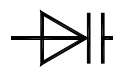
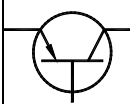

Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
13. Корпус (машины, аппарата)				
14. Заземление				Заземление – соединение корпусов электрооборудования, защитных оболочек электропроводки с проводником, имеющим электрический потенциал земли
15. Конденсатор постоянной емкости	C			Конденсатор – элемент электрической цепи, состоящий из проводящих электродов (обкладок), разделенных диэлектриком и предназначенный для использования его емкости
16. Конденсатор электрический неполярный	C			
17. Конденсатор переменной емкости	C			


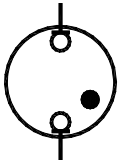


Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
18. Элемент гальванический	G			Гальванический элемент – источник электрического тока, в котором вследствие электрохимической реакции выделяется электрическая энергия
19. Батарея гальванических элементов (аккумуляторов)	GB			Аккумулятор – устройство для накопления энергии с целью ее последующего использования
20. Диод полупроводниковый	VD			Диод – электронный элемент, главная особенность которого – проводить ток в одном направлении
21. Диод, стабилитрон	VD			Стабилитрон – специальный диод, включенный в обратной полярности и работающий в режиме лавинного обратимого пробоя
22. Светодиод	HL			Светодиод – полупроводниковый прибор, преобразующий электрическую энергию в энергию оптического излучения

Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
23. Фотодиод	BL			Фотодиод – полупроводниковый диод, обладающий свойством односторонней фотопроводимости при воздействии на него оптического излучения
24. Тиристор с управлением по катоду	VS			Тиристор – переключающий полупроводниковый прибор, пропускающий ток в одном направлении
25. Тиристор с управлением по аноду	VS			
26. Варикап				Варикап – разновидность полупроводникового диода, к которому подводится обратное напряжение, изменяющее емкость диода
27. Транзистор типа PNP	VT			Транзистор – электронный прибор на основе полупроводникового кристалла, имеющий три (или более) вывода, предназначенный для генерирования и преобразования электрических колебаний





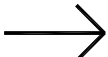
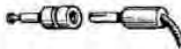
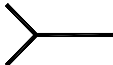





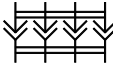
Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
28. Лампа накаливания осветительная и сигнальная	HL			<p>Лампа накаливания – источник света с излучателем в виде проволоки (нити или спирали) из тугоплавкого металла, накаливаемой электрическим током до температуры 2500–3300 К</p>
29. Лампа неоновая индикаторная	HL			<p>Неоновая лампа – газоразрядный источник света низкого давления, в котором излучение оптического диапазона возникает при электрическом разряде в атмосфере</p>
30. Лампа люминесцентная	EL			<p>Люминесцентная лампа – газоразрядные лампы с низким давлением паров ртути. Свечение исходит от люминофора, которым покрыты стенки колбы в виде трубки, а возбуждается люминофор от электрического разряда в парах ртути</p>

Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
31. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором	M			Электродвигатель – машина, преобразующая электрическую энергию в механическую
32. Электродвигатель коллекторный постоянного тока	M			
33. Электродвигатель переменного тока	M			
34. Громкоговоритель	BA			Громкоговоритель – электроакустическое устройство, служащее для громкого воспроизведения звукового сигнала
35. Звукосниматель	BS			Звукосниматель – прибор, преобразующий механические колебания в электрические в целях воспроизведения механической записи звука

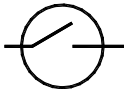

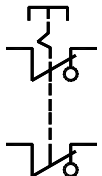







Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
36. Прибор звуковой сигнализации	MA			Звуковая сигнализация – передача и прием сообщений на расстоянии при помощи голоса или акустических приборов (рупор, сирена, свисток и др.). Приборами звуковой сигнализации являются: сирены, мегафоны, гудки и др.
37. Микрофон	BM			Микрофон – устройство, обеспечивающее преобразование звуковых колебаний в электрический сигнал
38. Штырь или штепсель	XP			Штырь (штепсель) – гладкий цилиндрический стержень преимущественно с коническим концом, служащий для центрирования и направления соединяемых разъемных частей конструкций
39. Гнездо	XS			
40. Соединение контактное разъемное	XT			
41. Щуп измерительного прибора	XP			
42. Вилка сетевая	XP			
43. Розетка	XS			
44. Разъем многоконтактный	XT			

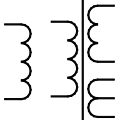







Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
45. Контакт коммутационного устройства замыкающий	SA			Контакт электрический – это поверхность соприкосновения составных частей электрической цепи, обладающая электропроводностью, или приспособление, обеспечивающее такое соприкосновение (соединение)
46. Контакт коммутационного устройства размыкающий	SA			
47. Выключатель кнопочный нажимной с замыкающим контактом	SB			Выключатель электрический – аппарат для включения и отключения электрических устройств
48. Переключатель галетный	SA			
49. Контакт подвижный	XS			
50. Контакт вилки	XP			
51. Контакт разборного соединения (зажим)	XT			
52. Контакт неразборного соединения (контрольная точка, монтажная стойка)	XT			
53. Перемычки контактные	XT			

Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
54. Геркон	SF			Геркон – герметически запаянный в стеклянную трубку контакт. Замыкается или размыкается при поднесении к нему магнита
55. Кнопочный переключатель с фиксацией положения	SB			Переключатель электрический – электрический аппарат, предназначенный для коммутации электрических цепей
56. Соединение проводников				
57. Пересечение проводников				
58. Обмотка параллельного или независимого возбуждения машины постоянного тока, трансформатора, дроселя, магнитного усилителя	L			Обмотка возбуждения – обмотка, создающая основное магнитное поле

Продолжение табл. 1.3

Наименование	Обозначения	Изображение на схемах	Внешний вид	Пояснения
59. Трансформатор	T			Трансформатор – электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции первичной системы переменного тока во вторичную систему переменного тока
60. Вольтметр	PV			Вольтметр – это прибор для определения величины напряжения
61. Милливольтметр	PV			
62. Амперметр	PA			Амперметр – это прибор для определения величины силы тока
63. Миллиамперметр	PA			
64. Микроамперметр	PA			

2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Электрические схемы выполняют по правилам, установленным: ГОСТ 2.701–84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»; ГОСТ 2.702–75 «Правила выполнения электрических схем»; ГОСТ 2.710–81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

2.1. Структурные электрические схемы, их назначение

На *структурной схеме* изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними. Функциональные части показывают в виде прямоугольников или условных графических обозначений.

Построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. На линиях взаимосвязей рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии.

На схеме указывают наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник. Допускается указывать тип элемента (устройства) и (или) обозначение документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, технические условия), на основании которого этот элемент (устройство) применен. При изображении функциональных частей в виде прямоугольников наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников.

При большом количестве функциональных частей допускается взамен наименований, типов и обозначений проставлять порядковые номера справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо. В этом случае наименования, типы и обозначения указывают в таблице, помещаемой на поле схемы.

Допускается помещать на схеме поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках (токи, напряжения, формы и значения импульсов, математические зависимости и т. п.).

2.2. Функциональные электрические схемы и указания на них

На *функциональной схеме* изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы), участвующие в процессе, иллюстрируемом схемой, и связи между этими частями. Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических изображений, установленных в стандартах. Отдельные функциональные части допускается изображать в виде прямоугольников.

На схеме указывают:

для каждой функциональной группы – обозначение, присвоенное ей на принципиальной схеме и (или) ее наименование; если функциональная группа изображена в виде условного графического обозначения, то ее наименование не указывают;

для каждого устройства, изображенного в виде прямоугольника, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого это устройство применено;

для каждого устройства, изображенного в виде условного графического обозначения, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его тип и (или) обозначение другого документа;

для каждого элемента – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, и (или) его тип.

Рекомендуется указывать технические характеристики функциональных частей (рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы), а также помещать поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках.

2.3. Принципиальные электрические схемы, изображение отдельных элементов, заполнение перечня, обозначения и указания на схемах

На *принципиальной схеме* изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители,

зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Допускается изображать соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Принципиальные схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении. Допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД. Те из элементов, которые используются в изделии частично, допускается изображать на схеме не полностью, ограничиваясь изображением только используемых частей.

Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным способом. При совмещенном способе составные части элемента или устройства изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств чертят в разных местах схемы таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были показаны наиболее наглядно.

Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в линию групповой связи, но при подходе к контактам (элементам) каждую линию связи изображают отдельной линией.

Каждый элемент и (или) устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему и рассматриваемое как элемент, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначение (позиционное обозначение) в соответствии с ГОСТ 2.710–81. Устройствам, не имеющим самостоятельных принципиальных схем, и функциональным *группам рекомендуется* присваивать обозначения по ГОСТ 2.710–81.

Позиционные обозначения элементам (устройствам) присваивают в пределах изделия (установки). Порядковые номера элементам (устройствам) присваивают начиная с единицы, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, $R1, R2, R3$ и т. д., $C1, C2, C3$ и т. д.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и (или) устройств с правой стороны или над ними. На схеме изделия, в состав которого входят устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, допускается позиционные обозначения элементам присваивать в пределах каждого устройства. Если в состав изделия входит несколько одинаковых устройств, то позиционные обозначения элементам следует присваивать в пределах этих устройств. Элементам, не входящим в устройства, позиционные обозначения присваивают начиная с единицы по приведенным выше правилам.

На схеме изделия, в состав которого входят функциональные группы, позиционные обозначения элементам присваивают по приведенным выше правилам; при этом вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в функциональные группы, а затем элементам, входящим в функциональные группы. В одинаковых функциональных группах позиционные обозначения элементов повторяют.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия и изображенные на схеме. Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения. Допускается в отдельных случаях, установленных в государственных или отраслевых стандартах, все сведения об элементах помещать около условных графических обозначений.

Перечень заполняют по общим для всех схем правилам. При сложном вхождении, например когда в устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, входит одно или несколько устройств, имеющих самостоятельные принципиальные схемы, и (или) функциональных групп, в перечне элементов в графе «Наименование» перед наименованием устройств, не имеющих самостоятельных принципиальных схем, и функциональных групп допускается проставлять порядковые номера в пределах всей схемы изделия. Если на схеме в позиционное обозначение элемента включено позиционное обозначение устройства или обозначение функциональной группы, то в перечне элементов в графе «Поз. обозначение» указывают позиционное обозначение элемента без позиционного обозначения устройства или обозначения функциональной

группы. На схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия (частоту, напряжение, силу тока, сопротивление, индуктивность и т. п.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах, гнездах и т. п. Если невозможно указать характеристики или параметры входных и выходных цепей изделия, то указывают наименование цепей или контролируемых величин.

На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

Если в конструкции устройства или элемента и в его документации обозначения выводов (контактов) не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в дальнейшем в соответствующих конструкторских документах. При условном присвоении обозначений выводам (контактам) на поле схемы помещают соответствующее пояснение. При изображении на схеме нескольких одинаковых элементов (устройств) обозначения выводов (контактов) допускается указывать на одном из них. При разнесенном способе изображения одинаковых элементов обозначения выводов указывают на каждой составной части элемента (устройства). Для отличия на схеме обозначений выводов (контактов) от других обозначений (обозначений цепей и т. п.) допускается записывать обозначения выводов (контактов) с квалифицирующим символом в соответствии с требованиями ГОСТ 2.710–81.

При изображении элемента разнесенным способом поясняющую надпись помещают около одной составной части изделия или на поле схемы около изображения элемента, выполненного совмещенным способом.


Характеристики входных и выходных цепей изделия, а также адреса их внешних подключений рекомендуется записывать в таблицы, помещаемые взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов – соединителей, плат и т. д.

Каждой таблице присваивают позиционное обозначение того элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена. Над таблицей допускается указывать условное графическое обозначение контакта – гнезда или штыря. Таблицы допускается выполнять разнесенным способом. Допускается поме-

шать таблицы с характеристиками цепей при наличии на схеме условных графических обозначений входных и выходных элементов.

При изображении на схеме многоконтактных соединителей допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты (ГОСТ 2.755–74). Сведения о соединении контактов соединителей указывают в таблицах, помещаемых около изображения соединителей, на свободном поле схемы или на последующих листах схемы. В таблицах приводят адрес соединения (обозначение цепи и (или) позиционное обозначение элементов, присоединяемых к данному контакту) и при необходимости – характеристики цепей и адреса внешних соединений. Соединения с контактами соединителя можно также изображать разнесенным способом (см. ГОСТ 2.702–75*).

При изображении устройства в виде прямоугольника допускается в прямоугольнике взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов помещать таблицы с характеристиками входных и выходных цепей, а вне прямоугольника – таблицы с указанием адресов внешних присоединений. Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена.

На схеме изделия в прямоугольники, изображающие устройства, допускается помещать структурные или функциональные схемы устройств или повторять их принципиальные схемы (полностью или частично). Если в изделие входит несколько одинаковых устройств, то схему устройства рекомендуется помещать на свободном поле схемы изделия с соответствующей надписью, например: « . блоков А1

На поле схемы допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей, которыми должны быть выполнены соединения элементов, а также указания о специфических требованиях к электрическому монтажу данного изделия.

2.4. Электрические схемы подключения, условные графические обозначения на схемах

На *схеме подключения* должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы (соединители, зажимы и т. п.) и выводимые к ним концы проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей и (или) адреса).

Изделие на *схеме* изображают в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы – в виде условных графических обозначений. Допускается изображать изделие в виде упрощенных внешних очертаний. Входные и выходные элементы изображают в этом случае в виде упрощенных внешних очертаний.

Размещение изображений входных и выходных элементов внутри графического обозначения изделия должно примерно соответствовать их действительному размещению в изделии.

На *схеме подключения* должны быть даны позиционные обозначения входных и выходных элементов, присвоенные им на принципиальной *схеме* изделия, а также указаны обозначения входных, выходных или выводных элементов.

Если обозначения входных, выходных и выводных элементов в конструкции изделия не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на *схеме*, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле *схемы* помещают необходимые пояснения.










На *схеме* около условных графических обозначений соединителей, к которым присоединены провода и кабели, допускается указывать наименования этих соединителей и (или) обозначения документов, на основании которых они применены.

Провода и кабели должны быть показаны на *схеме* отдельными линиями. Допускается при необходимости указывать марки, сечения и расцветку проводов, а также марки кабелей, число, сечение и занятость жил. При указании марок, сечений и расцветки проводов в виде условных обозначений на поле *схемы* расшифровывают эти обозначения.

Для пояснения принципа работы коммутационных устройств при необходимости на их контакт-деталях изображают квалифицирующие символы, приведенные в табл. 2.1 (размеры символов составляют 2 мм).

Таблица 2.1

Условное изображение квалифицирующих символов

Наименование функции	Обозначение
Функция контактора	
Функция выключателя	
Функция разъединителя	
Функция выключателя-разъединителя	
Автоматическое срабатывание	
Функция путевого или концевого выключателя	
Самовозврат	
Отсутствие самовозврата	
Дугогашение	

На схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения, а также перечень элементов принципиальной схемы, помещают около графических обозначений или над основной надписью. Перечень элементов допускается выполнять в виде специального документа.

2.5. Общие электрические схемы, расположение графических обозначений, указания на схемах

На *общей схеме* изображают устройства и элементы, входящие в комплекс, а также провода, жгуты и кабели, соединяющие эти устройства и элементы. Устройства и элементы на схеме изображают в виде прямоугольников. Допускается элементы изображать в виде условных графических обозначений или упрощенных внешних очертаний, а устройства – в виде упрощенных внешних очертаний.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии. Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если размещение их на месте эксплуатации неизвестно. В этих случаях

графические обозначения устройств и элементов должны быть расположены так, чтобы обеспечивалась простота и наглядность показа электрических соединений между ними.

Расположение условных графических обозначений входных, выходных и вводных элементов внутри изображений устройств и элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в изделии. Если для обеспечения наглядности показа соединений расположение графических обозначений этих элементов не соответствует их действительному размещению в изделии, то на поле схемы должно быть помещено соответствующее пояснение.

На схеме указывают:

для каждого устройства или элемента, изображенных в виде прямоугольника или внешнего очертания, – их наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого они применены;

для каждого элемента, изображенного в виде условного графического обозначения, – его тип и (или) обозначение документа.

При большом числе устройств и элементов рекомендуется эти сведения записывать в перечень элементов. В этом случае около графических обозначений устройств и элементов проставляют позиционные обозначения.

Провода, жгуты и кабели должны быть показаны на схеме отдельными линиями и обозначены отдельно порядковыми номерами в пределах изделия. Допускается сквозная нумерация проводов, жгутов и кабелей в пределах изделия, если провода, входящие в жгуты, пронумерованы в пределах каждого жгута. Провода и кабели следует нумеровать в пределах каждого комплекса, если в состав изделия, на которое разрабатывается схема, входит несколько комплексов.

Принадлежность провода, жгута или кабеля к определенному комплексу определяют с помощью буквенного (буквенно-цифрового) обозначения, проставляемого перед номером каждого провода, жгута или кабеля и отделяемого знаком дефис. Номера одножильных проводов проставляют около концов изображений, номера кабелей проставляют в окружностях, помещаемых в разрывах изображений кабелей (если нет сквозной нумерации проводов и кабелей).

Общую схему, по возможности, следует выполнять на одном листе. Если схема из-за сложности изделия не может быть выполнена на одном листе, то на первом листе вычерчивают изделие в целом,

изображая посты и (или) помещения условными очертаниями и показывая связи между постами и (или) помещениями.

Внутри условных очертаний постов и (или) помещений изображают только те устройства и элементы, к которым подводят провода и кабели, соединяющие посты и (или) помещения.

На других листах полностью вычерчивают схемы отдельных постов и (или) помещений или групп постов и (или) помещений; общую схему каждого комплекса выполняют на отдельном листе, если в состав изделия входит несколько комплексов.

2.6. Электрические схемы расположения, изображение составных частей и их расположение, указания на схемах

На *схеме расположения* изображают составные части изделия, а при необходимости – связи между ними, конструкцию, помещение или местность, на которых эти составные части будут расположены. Составные части изделия изображают в виде упрощенных внешних очертаний или условных графических обозначений. Провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) изображают в виде отдельных линий или упрощенных внешних очертаний.

Расположение графических обозначений составных частей изделия на схеме должно обеспечивать правильное представление об их действительном размещении в конструкции, помещении, на местности. При выполнении схемы расположения допускается применять различные способы построения (аксонометрия, план, условная развертка, разрез конструкции и т. п.).

На схеме должны быть указаны:

для каждого устройства или элемента, изображенных в виде упрощенного внешнего очертания, – их наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого они применены;

для каждого элемента, изображенного в виде условного графического обозначения, – его тип и (или) обозначение документа.

При большом числе устройств и элементов рекомендуется эти сведения записывать в перечень элементов. В этом случае около графических обозначений устройств и элементов проставляют позиционные обозначения.

Условные графические обозначения в электрических схемах определены стандартами, перечень которых приведен в списке литературы.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов и связей между ними в изделии или системе, дает детальное представление о принципах работы изделия. Принципиальные схемы служат основой для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений. На принципиальных схемах изображают все электрические элементы, необходимые для нормальной работы установки, средства связи между ними, а также элементы подключения, которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Правила выполнения электрических схем устанавливаются по ГОСТ 2.702–75.

На принципиальных схемах все электрические элементы и устройства и все связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, приведенных в табл. 1.2. Все геометрические элементы условных графических обозначений следует выполнять линиями той же толщины, что и линии электрической связи.

2.7. Примеры условных изображений электрических схем

Примеры условных графических изображений электрических схем приведены на рисунках 2.1–2.3.

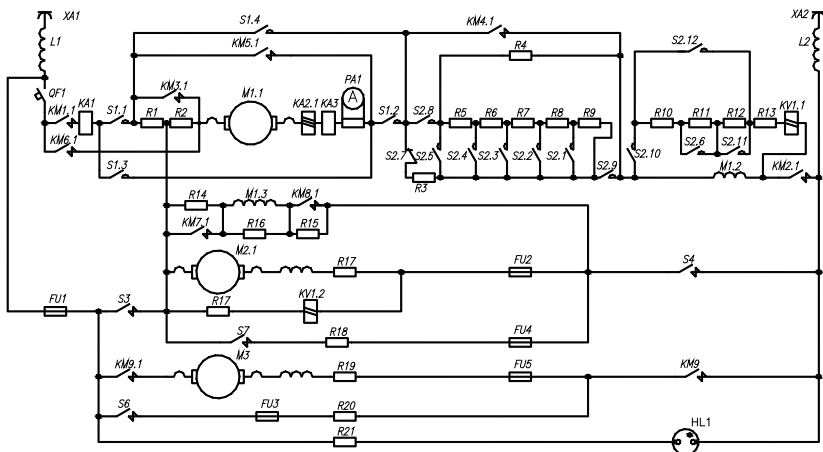


Рис. 2.1. Принципиальная электрическая схема цепей напряжением 550 В

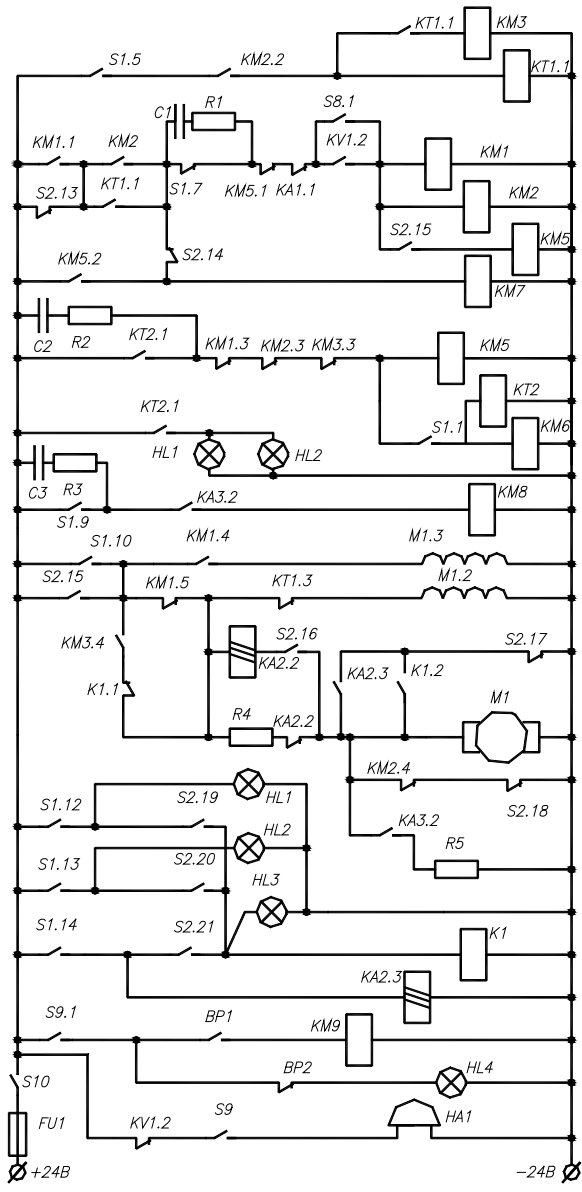


Рис. 2.2. Принципиальная электрическая схема

цепи управления троллейбусом ЗиУ-9

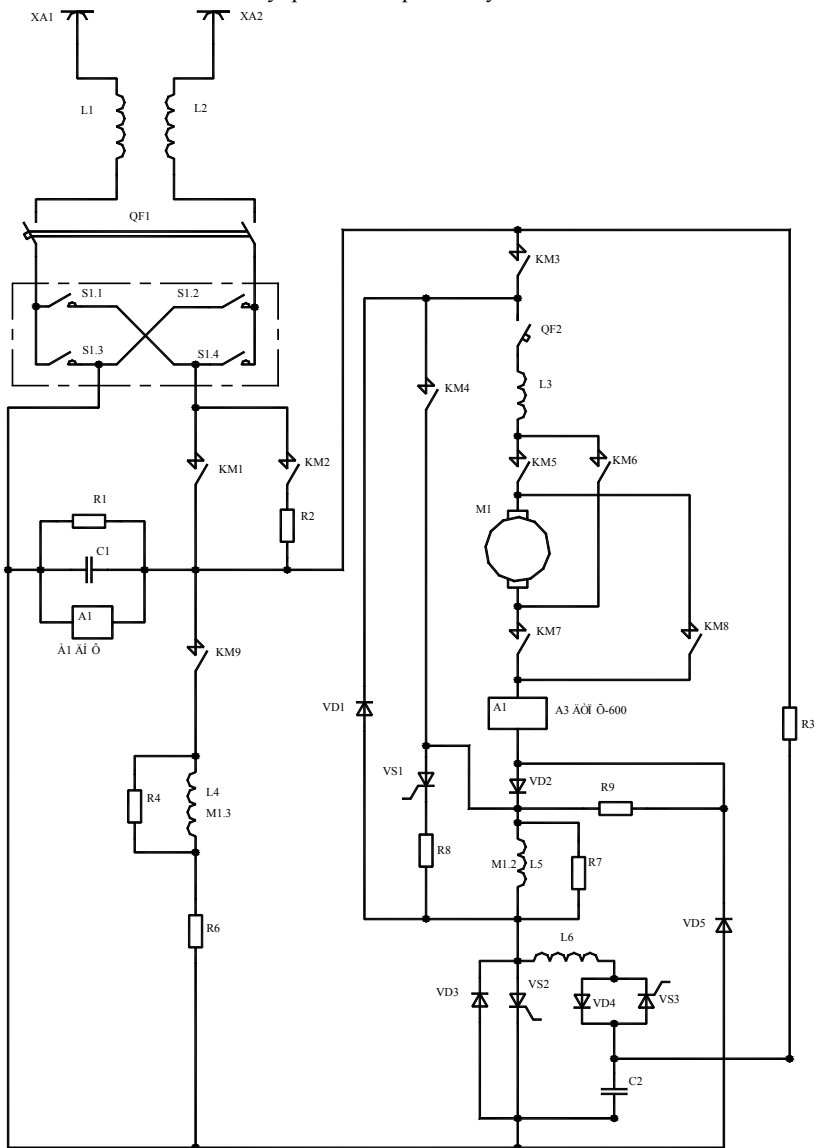


Рис. 2.3. Схема тиристорно-импульсного регулирования на тяговом электродвигателе троллейбуса модели 201

Подготовка схемы к работе. Рассмотрим работу электрических цепей троллейбуса, используя электрическую схему и таблицу включения контакторов (см. рис. 2.1), схему цепи управления (см. рис. 2.2). Для подготовки схемы к работе: устанавливают токоприемники $XA1$ и $XA2$ на контактные провода; выключателями $S4$ и $S5$ включают цепь вспомогательного двигателя $M2.1$, при этом реле нулевое, сработав, замкнет контакты $KV1.2$ в цепи втягивающих катушек линейных контакторов $KM1$ и $KM2$ и разомкнет контакт – $KM2.1$ в цепи звонка $HA1$; выключателем $S9$ включают цепь звуковой сигнализации отсутствия напряжения в контактной сети ($HA1$); выключателями $S9.1$ и $S3$ включают цепь двигателя компрессора $M3$ и цепь электропривода усилителя руля. После наполнения компрессором пневмосистемы воздухом устанавливают рукоятку реверсора в положение, соответствующее намеченному направлению движения («Вперед» $SI.1$ и $SI.2$ или «Назад» $SI.3$ и $SI.4$).

Затем включают автоматический выключатель $QF1$ и троллейбус готов к движению.

Автоматический пуск и регулирование скорости. Пуск и автоматический разгон двигателя осуществляют нажатием ходовой педали контроллера управления с установкой ее на любое положение, характеризующее конечную скорость движения троллейбуса.

При включении линейных контакторов $KM1.1$ и $KM2.1$ (см. рис. 2.1) в силовой цепи ток идет: от токоприемника $XA1$ через реактор помехоподавления $L1$, автоматический выключатель $QF1$, силовые контакты контактора $KM1$, катушку реле перегрузки $KA1$, контакты реверсора $SI.1$, тормозной реостат $R1-R2$, обмотку возбуждения дополнительных полюсов и якорь тягового двигателя $M1.1$, силовую катушку реле ускорения $KA2.1$, катушку реле минимального тока $KA3$, шунт $R22$ амперметра $PA1$, контакты реверсора $SI.2$, силовые контакты реостатного контроллера $S2.7$, пусковой реостат $R3-R9-R8-R7-R6-R5-R4$, обмотку последовательного возбуждения тягового двигателя $M1.2$, силовые контакты контактора $KM2$, реактор $L2$ и, наконец, токоприемник $XA2$.

Ток по параллельной обмотке возбуждения тягового двигателя идет: от токоприемника $XA1$ (по ранее рассмотренной цепи $L1-QF1-KM1-KA1-SI.1-R1$), далее через регулировочный реостат

R14, обмотку параллельного возбуждения *M1.1*, контакты контактора *KM8.1*, выключатель *S2*, реактор *L2* и затем токоприемник *XA2*. Одновременно ток идет через разрядный резистор *R14-R15*, подключенный параллельно обмотке возбуждения *KM8.1-KM7.1*. В цепи якоря тягового двигателя будет небольшой ток (сопротивление реостата составляет 6,482 Ом) и двигатель создает вращающий момент на валу порядка 220–230 Н·м, достаточный для выбора люфтов в механической передаче, но неспособный сдвинуть троллейбус с места.

Одновременно с включением контакторов *KM1* и *KM2* замыкаются их блок-контакты: *KM1* шунтирует кулачковый контактор *KM1.1*, а *KM2* замыкает цепь питания катушки реле времени *KT1.1*.

Реле времени в отличие от ранее рассмотренных реле имеет медный или алюминиевый демпфер (цилиндр), установленный на его магнитопроводе. Вследствие того что при замыкании цепи катушки реле в демпфере будут индуцироваться вихревые токи, они будут препятствовать быстрому увеличению магнитного потока и якорь будет притягиваться к сердечнику не сразу после включения катушки реле, а через некоторое время. После отключения катушки в демпфере в течение некоторого времени также будет циркулировать ток, наводимый магнитным потоком и препятствующий уменьшению магнитного потока реле. Поэтому якорь будет отпадать от сердечника также с некоторой выдержкой времени.

После прохождения тока по катушке реле времени спустя 0,6–0,7 с контакты реле времени *KT1.1* замыкаются и включают втягивающую катушку контактора *KM3*. Линейный контактор *KM3* (см. рис. 2.1) включается и выводит из цепи якоря тягового двигателя тормозной реостат *R1-R2*. Сопротивление реостата, включенного в силовую цепь, снизится до 4,612 Ом и вращающий момент тягового двигателя будет достаточен для маневровой работы троллейбуса. Маневровая позиция контроллера хода предназначена для работы троллейбуса в парке или в местах скопления транспорта при движении со скоростью 8–10 км/ч.

При установке пусковой педали на 1-е ходовое положение (*X1*) замыкается кулачковый контактор *S2.15* (см. рис. 2.2) и включает цепь серводвигателя *M1*.

Серводвигатель через редуктор поворачивает вал реостатного контроллера на 2-ю, 3-ю и последующие позиции, постепенно выводя пусковой реостат из цепи тягового двигателя. При этом

напряжение на тяговом двигателе, а, следовательно, и скорость движения троллейбуса увеличиваются.

На 2-й позиции замыкается силовой кулачковый контактор реостатного контроллера *KM1.1* (см. рис. 2.1) и из цепи тягового двигателя выводится ступень *R9-R8*, сопротивление пускового реостата уменьшается до 3,382 Ом. С 3-й по 7-ю позицию поочередно замыкаются кулачковые контакторы *S2.2*, *S2.3*, *S2.4*, *S2.5*, *S2.8* и соответственно выводят ступени *R9-R8*, *R8-R7*, *R7-R6*, *R6-R5*, *R5-R4*. Сопротивление реостата снижается при этом соответственно до значений 2,55; 1,912; 1,572; 1,232; 0,924 Ом. На 8-й позиции реостатного контроллера кулачковый контактор *S2.7* размыкается, а *S2.9* замыкается, включая параллельно ступени *R5-R4* и *R5-R9*. Сопротивление реостата уменьшается до 0,725 Ом.

С 9-й по 11-ю позицию реостатного контроллера поочередно замыкаются кулачковые контакторы *S2.2*, *S2.3*, *S2.4* и шунтируют соответственно ступени *R8-R9*, *R7-R9*, *R6-R9*. Сопротивление реостата будет соответственно 0,543; 0,391; 0,248 Ом. На 12-й позиции снова замыкается кулачковый контактор *S2.7*, подключая параллельно ступень *R3-R9*. Ток через пусковой реостат идет по трем параллельным ветвям и сопротивление реостата составляет 0,138 Ом. На 13-й позиции в цепи управления замыкается кулачковый контактор реостатного контроллера *S2.15*, включается цепь втягивающей катушки линейного контактора *KM4.1*. При включении линейного контактора *KM4.1* пусковой реостат полностью выводится из силовой цепи согласно таблице включения контакторов (см. рис. 2.1) и тяговый двигатель начинает работать по автоматической характеристике с полным возбуждением.

На 14-й позиции размыкается кулачковый контактор реостатного контроллера *S2.14* (см. рис. 2.2) и отключает втягивающую катушку контактора *KM8.1*. При этом в цепь параллельной обмотки возбуждения тягового двигателя вводится резистор *R15-R16* (см. рис. 2.1) сопротивлением 400 Ом и ток в этой цепи снижается с 1,67 до 0,3 А, создается первая ступень ослабления возбуждения тягового двигателя, вследствие чего скорость движения троллейбуса увеличивается.

На 15-й позиции реостатного контроллера замыкается силовой кулачковый контактор *S2.10*, подключая параллельно последовательной обмотке возбуждения *M1.2* регулировочный реостат *R10-R13* и последовательно включенную с ним токовую катушку *KVI.1*.

Происходит ослабление возбуждения последовательной обмотки тягового двигателя на 28 %.

Пятнадцатая позиция реостатного контроллера является первой фиксированной ходовой позицией, соответствующей 1-му ходовому положению педали контроллера управления. При подходе кулачкового вала реостатного контроллера к этой позиции замыкается кулачковый контактор *S2.21* (см. рис. 2.2) и включает катушку стоп-реле *K1*. Размыкающие контакты стоп-реле *K1* отключает питание якоря серводвигателя *M1*, а вторая пара его контактов замыкается, образуя тормозной контур для якоря серводвигателя через замкнутый на позициях переключающий кулачковый контактор реостатного контроллера *S2.17*. Серводвигатель, замкнутый накоротко, остановится, фиксируя кулачковый вал реостатного контроллера на 15-й позиции.

Для увеличения скорости троллейбуса следует установить пусковую педаль на 2-е или 3-е ходовое положение.

На 2-м ходовом положении педали замыкается кулачковый контактор *S1.13* контроллера хода и размыкается кулачковый контактор *S1.14*, разрывая цепь питания катушки стоп-реле *K1*. Контакты реле *K1* замыкаются, включая питание якоря серводвигателя, и вал реостатного контроллера повернется на 16-ю и 17-ю позиции. На этих позициях вначале замыкается силовой кулачковый контактор *S2.6* (см. рис. 2.1), а затем *S2.11*, выводя из регулировочного реостата резисторы *R11-R12*, затем *R12-R13*. Происходит ослабление возбуждения тягового, двигателя сначала на 47 %, а затем на 60 %. На 17-й позиции замыкается кулачковый контактор *PK17-18* в проводах *41-27* (см. рис. 2.2) цепи управления и включается цепь питания катушки стоп-реле *K1*. Эта фиксированная позиция реостатного контроллера соответствует 2-му ходовому положению педали.

При установке пусковой педали на 3-е ходовое положение замыкается кулачковый контактор *S1.12* и размыкается кулачковый контактор *S1.13*, отключая питание катушки стоп-реле *K1*. Контакты *K1* вновь замыкаются, и вал реостатного контроллера поворачивается на 18-ю позицию.

На 18-й позиции замыкается силовой кулачковый контактор *S2.12* (см. рис. 2.1), шунтируя ступени *R10-R11-R12* регулировочного реостата. Происходит ослабление последовательного возбуждения двигателя на 69 %. Эта позиция соответствует 3-му ходовому положению педали. Кулачковый контактор *S2.19* (см. рис. 2.2)

включает катушку стоп-реле *K1* и вал реостатного контроллера останавливается.

Частоту вращения вала реостатного контроллера регулирует реле ускорения. На 1-м ходовом положении реле ускорения поддерживает минимальное значение тока в тяговом двигателе около 150–170 А, вследствие того что на этом положении согласно с силовой катушкой реле ускорения *KA2.1* действует регулировочная катушка *KA2.3*, создавая дополнительный магнитный поток и способствуя удержанию якоря реле ускорения в притянутом состоянии при относительно небольшом токе двигателя.

При повороте вала реостатного контроллера в промежутке между позициями параллельно резистору (см. рис. 2.2) переключающимися контактами *S2.16* включается подъемная катушка реле ускорения *KA2.2*.

С выводением пускового реостата ток в цепи тягового двигателя, а следовательно, в силовой катушке *KA2.1* увеличивается. Если ток превысит установку реле ускорения, то при совместном действии намагничивающих сил катушек *KA2.1*, *KA2.3* и *KA2.2* якорь реле притянется к сердечнику, контакты *KA2.5* разомкнутся и отключат питание якоря серводвигателя, а контакты *KA2.5* замкнутся и через контакты кулачкового контактора *S2.17*, который включается только на позициях, замкнут якорь серводвигателя накоротко. Так как обмотка возбуждения серводвигателя «Вперед» продолжает получать питание, то серводвигатель переходит в тормозной режим и быстро останавливается, фиксируя вал реостатного контроллера на позиции. На фиксированной позиции катушка *KA2.2* не получает питания (контакт *S2.16* разомкнут), а якорь реле ускорения удерживается в притянутом состоянии магнитным потоком катушек *KA2.1* и *KA2.3*. При увеличении скорости троллейбуса ток тягового двигателя снижается и становится меньше тока установки реле ускорения, якорь реле под действием пружины отходит от магнитопровода и контакты *KA2.5* снова замыкаются и включают серводвигатель. Вал реостатного контроллера поворачивается на следующую позицию, выводя следующую ступень пускового реостата.

В зависимости от условий движения, числа пассажиров в салоне и состояния дорожного покрытия пуск троллейбуса можно осуществлять с различным ускорением. Наименьшее ускорение на 1-м

ходовом положении, на котором включена регулировочная катушка реле ускорения *КА2.3*, и пуск осуществляются при токе 150–170 А. Если после маневрового положения перевести ходовую педаль на 2-е или 3-е ходовое положение, минуя 1-е, кулачковый контактор *SI.14* разомкнется и отключит регулировочную катушку реле ускорения *КА2.3*. Ток регулирования реле ускорения становится 250–280 А. При этом пуск троллейбуса будет происходить с большим ускорением.

Наибольшая допустимая скорость троллейбуса с нормальной нагрузкой на горизонтальном участке дороги 68 км/ч. Среднее ускорение при нормальной нагрузке и напряжении в контактной сети 550 В на горизонтальной площадке при разгоне составляет $1,3 \text{ м/с}^2$.

Во время пуска троллейбуса водитель может постепенно перевести педаль контроллера хода или сразу ставить ее в выбранное положение, например, 3-е.

Отключение силовой цепи и выбег. При отпускании ходовой педали в нулевое положение выключаются все кулачковые контакторы *S* контроллера хода. Сначала снимается напряжение с втягивающей катушки контактора *KM3* (см. рис. 2.2) и катушки реле времени *KT1.1*. При выключении контактора *KM3* (см. рис. 2.1) в цепь якоря тягового двигателя вводится тормозной реостат *R1-R2*. Через 0,5–0,7 с после отключения контактора *KM3* контактами реле времени *KT1.1* (см. рис. 2.2) выключаются втягивающие катушки контакторов *KM1*, *KM2*, *KM4.1* и контакторы *KM1* и *KM2* отключают силовую цепь. Таким образом, перед отключением тягового двигателя от контактной сети предварительно вводится резистор, снижающий ток. При этом облегчается гашение дуги на контактах контакторов *KM1* и *KM2* и обеспечивается более плавный переход с тяги на выбег. Это особенно важно при переходе на выбег во время пуска троллейбуса, когда ускорение меняется от максимального до некоторого отрицательного значения, определяемого сопротивлением движению.

После выключения контакторов *KM1* и *KM2* блок-контакты *KM1* (см. рис. 2.2) разрывают цепь питания обмотки возбуждения серводвигателя «Вперед», а блок-контакты *KM1* замыкают цепь питания обмотки возбуждения серводвигателя «Назад». Вал реостатного контроллера возвращается на 1-ю позицию. Когда вал реостатного контроллера подходит к 1-й позиции, размыкаются контакты кулачкового контактора *SI.10*, отключающие питание якоря и обмотки возбуждения «Назад» серводвигателя. Замыкается кулачковый кон-

тактор *КМ1.1*, и якорь серводвигателя замыкается накоротко через блок-контакты *КМ2* и контакты *КМ1.1*. Вал реостатного контроллера фиксируется на 1-й позиции.

При возврате вала реостатного контроллера на 1-ю позицию якорь серводвигателя не шунтирован резистором *R3*, так как контакты реле минимального тока *КА3* разомкнуты. Поэтому частота вращения вала реостатного контроллера назад выше, чем при пуске троллейбуса с остановки, т. е. обеспечивается ускоренный возврат вала реостатного контроллера на исходное положение.

Электрическое торможение (реостатное). Во время электрического торможения тяговый двигатель работает в генераторном режиме, а вырабатываемая им электроэнергия гасится в тормозном реостате. Электрическая схема троллейбуса предусматривает две позиции служебного реостатного торможения.

После установки тормозной педали контроллера управления на 1-е положение (см. рис. 2.2) размыкается кулачковый контактор *SI.7* и замыкается кулачковый контактор *SI.1*. Если торможение производится после выбега, то размыкание контактов кулачкового контактора *SI.7* не вносит в электрическую схему никаких изменений. Если же тормозная педаль была нажата при ходовом режиме, то размыкание контактов кулачкового контактора *SI.7* приведет к отключению линейных контакторов *КМ1*, *КМ2* и *КМ6*. В результате силовая цепь тягового двигателя отключается от контактной сети, и вал реостатного контроллера возвращается на 1-ю позицию.

Контакты кулачкового контактора *SI.1* включают цепи питания втягивающих катушек контакторов *КМ5*, *КМ6* и реле времени *КТ2*. Питание на втягивающую катушку контактора *КМ5* поступает через контакты *SI.1*, размыкающие блок-контакты контакторов *КМ2*, *КМ3*, *КМ1*, а на катушки контактора *КМ6* и реле времени *КТ2* через контакты кулачкового контактора *SI.1*. Одновременно включаются лампы стоп-сигнала *HL1* и *HL2*.

При включении контактор *КМ5* (см. рис. 2.1) силовыми контактами замыкает цепь якоря тягового двигателя на тормозной реостат *R1-R2*, а блок-контактами *КМ5* (см. рис. 2.2) включает питание втягивающей катушки контактора *КМ8.1*. Ток в параллельную обмотку возбуждения тягового двигателя идет по следующей цепи: токоприемник *ХА1* (см. рис. 2.1) – реактор помехоподавления *L1* – автома-

тический выключатель *QF1* -контакты контактора *KM6* – резисторы *R2-R1-R14* – обмотка возбуждения *M1.3* и параллельно ей включенный разрядный резистор *R14-R16* - резистор *R16-R15* – выключатель *S2* – реактор *L2* – токоприемник *XA2*. Включением контактора *KM8.1* выводится резистор *R16-R15*, что приводит к увеличению тока возбуждения и тормозного тока. Якорь тягового двигателя вращается под действием механической энергии, запасенной троллейбусом при движении. Обмотка якоря пересекает магнитное поле, создаваемое параллельной обмоткой возбуждения двигателя, и в ней наводится ЭДС. Двигатель переходит в генераторный режим. Происходит торможение троллейбуса. Тормозной ток идет по силовой цепи: от якоря *M1.1* через обмотку дополнительных полюсов, тормозной реостат *R1-R2*, контактор *KM5*, шунт амперметра *PA1*, катушки реле минимального тока *KA3* и реле ускорения *KA2.1*, на якорь тягового двигателя.

Схема электрических цепей троллейбуса обеспечивает зависимость магнитного поля возбуждения от тока в тормозном контуре, т. к. ток обмотки возбуждения проходит через стабилизирующий резистор *R2-R1*. С увеличением тормозного тока увеличивается падение напряжения на этом резисторе и, следовательно, уменьшается ток в параллельной обмотке возбуждения *M1.3*. Уменьшение тормозного тока вызывает увеличение возбуждения, т. е. получается такая же зависимость, как у генератора встречно-смешанного возбуждения.

При установке тормозной педали на 2-е положение замыкаются контакты кулачкового контактора *S1.9* (см. рис. 2.2) и через замкнутый контакт реле минимального тока *KA3* подается питание на втягивающую катушку контактора *KM7.1*. Включением контактора *KM7.1* (см. рис. 2.1) выводится резистор *R1-R14* из цепи возбуждения, что увеличивает ток возбуждения и, следовательно, тормозной ток и тормозную силу. Электрическое реостатное торможение позволяет снизить скорость троллейбуса до 5–7 км/ч. При более глубоком нажатии тормозной педали на реостатный тормоз накладывается механический тормоз, имеющий пневматический привод.

После сброса тормозной педали в нулевое положение кулачковые контакторы *S1.1* и *S1.9* (см. рис. 2.2) размыкаются, а *S1.7* замыкается. Сначала снимается напряжение с втягивающих катушек контакторов *KM7.1* и *KM6* и катушки реле времени *KT2*. Контактор

КМ6 выключается и отключает цепь параллельной обмотки возбуждения. Магнитное поле тягового двигателя исчезает. Через 0,5–0,7 с после выключения катушки реле времени *КТ2* размыкаются контакты реле времени *КТ2*, которые шунтируют контакты кулачкового контактора *С1.1*, после чего снимается напряжение с втягивающей катушки контактора *КМ5*. Таким образом, контактор *КМ5* разрывает уже обесточенный тормозной контур силовой цепи.

Защита электрооборудования. Для защиты электрооборудования троллейбуса от коротких замыканий предусмотрен автоматический выключатель *QF1*. Он установлен в общей цепи (см. рис. 2.1) и выключает силовую цепь при увеличении тока в ней свыше 500 А.

Защиту электрооборудования силовой цепи от перегрузки осуществляет реле максимального тока *КА1* (токовое реле). Катушка максимального токового реле *КА1* введена в силовую цепь, а размыкающие контакты *КА1* – в цепь втягивающих катушек линейных контакторов *КМ1*, *КМ2* и *КМ4.1* (см. рис. 2.2). Когда ток в силовой цепи станет выше 450 А, якорь реле притянется к сердечнику и контакты *КА1* разомкнутся и отключат контакторы *КМ1*, *КМ2* и *КМ4.1* от источника питания. Линейные контакторы *КМ1*, *КМ2* и *КМ4.1* (см. рис. 2.1) выключатся и отключат силовую цепь от контактной сети. При этом контакты токового реле *КА1* вновь замкнутся, но линейные контакторы *КМ1* и *КМ2* повторно включатся лишь после того, как вал реостатного контроллера вернется на 1-ю позицию. Размыкающие блок-контакты контактора *КМ1* включают обмотку возбуждения серводвигателя «Назад» и вал реостатного контроллера вернется в исходное положение.

Для защиты тягового двигателя от толчков тока при кратковременных перерывах питания силовой цепи служит реле нулевого напряжения. Оно регулируется на напряжение срабатывания 350–380 В. Основная катушка реле нулевого напряжения *КV1.1* (см. рис. 2.1) через дополнительный резистор сопротивлением 7500 Ом подключена к контактной сети и включается выключателями *С1* и *С2* одновременно с вспомогательным двигателем. Токовая катушка реле *КV1.1* через регулировочный реостат подключена параллельно последовательной обмотке возбуждения тягового двигателя *М1.2* и на позициях ослабления возбуждения обеспечивает отключение линейных контакторов за время менее 0,1 с. При нормальном напряжении в

контактной сети контакты реле *KV1.2* (см. рис. 2.2) замкнуты и через них питаются втягивающие катушки линейных контакторов *KM1*, *KM2* и *KM4.1*, а контакты *KV1.1* в проводах цепи звонка отрыва токоприемника *HA1* разомкнуты. В случае уменьшения напряжения в контактной сети ниже 350–380 В или отрыве токоприемника от контактного провода якорь реле *KV1.2* отпадает от сердечника и контакты реле *KV1.2* размыкаются, отключая втягивающие катушки контакторов *KM1* и *KM2*, а контакты реле *KV1.2* включают звонок отрыва токоприемника *HA1*. После восстановления напряжения контакты *KV1.2* снова замкнутся, но линейные контакторы *KM1* и *KM2* не включаются, пока реостатный контроллер не вернется на 1-ю позицию и не включится кулачковый контактор *KM1.1*.

Таким образом, при срабатывании реле *KV1.2*, так же как и при срабатывании реле перегрузки *KA1*, силовая схема собирается только после установки контроллера хода в нулевое и затем в 1-е ходовое положение и возврата вала реостатного контроллера на 1-ю позицию, т. е. после введения в цепь тягового двигателя пусковых реостатов.

Для защиты параллельной обмотки возбуждения тягового двигателя от перегрева, если на остановке тормозная педаль контроллера управления не возвращена в нулевое положение, предусмотрено реле минимального тока *KA3*. Замыкающие контакты реле минимального тока *KA3* включают питание втягивающей катушки контактора *KM7.1* на 2-м тормозном положении педали. При снижении скорости троллейбуса во время реостатного торможения ниже 5–7 км/ч тормозной ток в силовой цепи уменьшается до 10–15 А и реле минимального тока срабатывает (отключается). Его контакты размыкаются и разрывают питающую цепь втягивающей катушки контактора *KM7.1*, с выключением которого в цепь обмотки параллельного возбуждения вводится резистор *R1-R14*. При этом ток в обмотке возбуждения снижается до значения, соответствующего длительному режиму работы этой обмотки.

Упрощенная схема тиристорно-импульсного регулирования напряжения на тяговом электродвигателе троллейбуса модели 201 представлена на рис. 2.3. Приведенная схема включает следующие основные узлы:

XA1, *XA2* – токоприемное оборудование;

L1 – входной дроссель, который уменьшает влияние преобразователя на контактную сеть, а такие совместно с конденсатором фильтры *C1* образуют входной низкочастотный фильтр для уменьшения радиопомех;

QF – защитный автоматический выключатель;

SI.1, SI.2, SI.3, SI.4 – переключатель полярности, необходимой для выбора прямой полярности напряжения на входе преобразователя при изменении полярности выпрямления в контактной сети;

C1 – блок конденсаторов фильтра, необходимой для сглаживания пульсаций напряжения;

KM1, KM2 – контакторы заряда фильтра, причем *KM1* включается с выдержкой времени 0,5–0,7 с относительно *KM2* для ограничения зарядного тока резистором *R2*;

R1 – резистор, необходимый для разряда конденсаторов *C* в течение 1–1,5 мин при отключении электрооборудования ТИСУ;

KM3 – контактор ходового режима;

KM4 – контактор тормозного режима;

KM5, KM7 – движение троллейбуса «вперед»;

KM6, KM8 – движение троллейбуса «назад»;

MI.1 – якорь тягового электродвигателя;

L5 – обмотка возбуждения;

L4 – шунтовая обмотка возбуждения;

VS1 – тиристор ослабления поля тягового двигателя;

VS2 – основной тиристор импульсного прерывателя;

VS3 – коммутационный тиристор импульсного прерывателя;

VD1 – обратный диод якорного тока;

VD2 – отдельный диод;

R3 – резистор предварительного заряда коммутирующего конденсатора;

R4, R7 – демпфирующие резисторы;

R6 – добавочный резистор шунтовой обмотки возбуждения;

R9 – тормозной реостат;

C2, L6 – коммутирующие конденсатор и дроссель;

VD5 – обратный диод тока возбуждения.

Работа тягового привода троллейбуса модели 201 осуществляется следующим образом. При установке токоприемников *XA1, XA2* на контактную сеть на схему подается напряжение. Контроль от-

ключения осуществляется зеленой лампой *HL4*, расположенной на пульте водителя. Автоматический выключатель *QF1* обеспечивает защиту элементов тягового привода от токов *K3*, а также позволяет обесточить троллейбус при проведении каких-либо работ. Переключатель полярности служит для выбора необходимой полярности напряжения. При неправильной полярности напряжения на входе преобразователя (на конденсаторе фильтра) происходит полное выключение тягового электрооборудования и блокировка управления.

При включении управления при правильной полярности происходит включение контактора *KM2* и осуществляется заряд конденсатора фильтра через токоограничивающий резистор *R2*. В случае достижения напряжения на фильтре минимально необходимого уровня (430 В) происходит шунтирование резистора *R2* контактором *KM1*. Если при этом опущены ходовая и тормозная педали, а также включен реверс на контакторах *KM5–KM8*, то достигается исходное состояние готовности тягового электрооборудования к восприятию команд контроллеров хода или торможения.

С нажатием на ходовую педаль происходит включение ходового контактора *K3*. После включения *KM3* снимается блокировка импульсов управления основным тиристором *VS2* импульсного преобразователя. При включении *VS2* ток протекает по цепи:

XA1–L1.1–QF1.1–SA1.1–KM1–KM3–QF2–L2–KM5–якорь–M1–KM7–ДАТЧИК ТОКА A3–VD2–L5–M1.2–VS2–SA1.2–QF1.2–L1.2–XA2.

При включении вспомогательного тиристора *VS3* происходит выключение основного тиристора за счет разряда коммутирующего конденсатора (параллельная емкостная коммутация), ток через *VS2* прерывается. Ток при этом протекает по цепи обратного диода: *QF2–L2–KM5–M1.1–KM7–ДАТЧИК ТОКА A3–VD1–QF2* (ток в замкнутом контуре протекает за счет энергии, запасенной в индуктивностях силовой цепи за время открытого состояния *VS2*). При закрытом *VS2* ток из сети не потребляется, а в якорной цепи – протекает, постепенно уменьшаясь по экспоненциальной кривой. В режиме полного открытия тиристора *VS2* двигатель выходит на естественную характеристику полного потока возбуждения. В дальнейшем увеличение степени нажатия педали хода происходит включение тиристора *VS1*, который шунтирует сенриесную обмотку возбуждения, двигатель переходит в зону ослабленного потока и происходит дальнейшее увеличение скорости движения. При от-

пускании педали хода происходит выдача импульса управления на *VS3*, тиристор *VS2* закрывается и уже в бестоковом состоянии отключается ходовой контактор *KM3*. Силовая цепь разрывается и троллейбус переходит на режим выбега.

С включением режима движения назад включаются контакторы *KM6*, *KM8*, а *KM5*, *KM7* выключаются. Работа электрооборудования в этом случае аналогична режиму движения вперед, только в режиме назад вводится дополнительное ограничение скорости.

Электрическое торможение, которое основано на принципе обратимости тягового электродвигателя в генератор, резисторное. Электрическая энергия, вырабатываемая таким «генератором», получается за счет кинетической энергии, запасенной в троллейбусе при его движении, и гасится в резисторах (тормозных реостатах). Для перехода с тяги на торможение необходимо отключить якорь тягового электродвигателя от контактной сети и замкнуть его на тормозной резистор, а также переключить тиристорно-импульсный преобразователь, т. е. реверсировать схему. При нажатии тормозной педали происходит включение тормозного контактора *KM4*. Начальное возбуждение двигатель получает от независимой обмотки возбуждения *M1.3* (включение *KM9*). Под действием ЭДС двигателя ток в якоре двигателя меняет направление и протекает по цепи: *M1.1–KM5–L3–QF2–KM4–катод–VD2–R9–анод–VD2–ДТПХ–600–KM7–M1.1*. Таким образом, якорь двигателя закорочен на тормозной реостат *R9*. Ток возбуждения двигателя регулируется тиристором *VS2* аналогично ходовому режиму: при открытом *VS2* ток протекает по цепи:

катод *VD2–M1.2–VS2–VD5–анод–VD2*, т. е. диод *VD2* разделяет ток якоря и ток возбуждения в режиме торможения;

при закрытом *VS2* ток возбуждения замыкается по цепи: катод *VD2–M1.2–VD1–KM4–катод–VD2*.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО СИНТЕЗУ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Цели лабораторной работы «Синтез электрических схем» следующие:

- 1) закрепление знаний, полученных при ручном вычерчивании индивидуальных заданий по схемам;
- 2) получение элементарных навыков синтеза схем распознаванием и выбором нужного элемента;

Методика выполнения работы заключается в следующем:

- 1) студенту дается тот или иной вариант принципиальной электрической схемы (табл. 4.1), где некоторые элементы пропущены и обозначены незаполненными прямоугольниками;
- 2) студент должен разобраться в самой схеме, изучить представленный в данном пособии материал, найти в табл. 1.3 отсутствующие в схеме элементы и приступить к синтезу;
- 3) выполнить подписи всех элементов, представленных на электрической схеме;
- 4) составить спецификацию приведенных элементов.

На рис. 3.1 представлен образец выполнения индивидуального задания и лабораторной работы.

Разработанная база данных, включающая практически все элементы электрических схем, может быть использована на специальных кафедрах технических вузов, в конструкторских бюро машиностроительных предприятий при проектировании принципиальных схем механизмов, машин и их элементов.

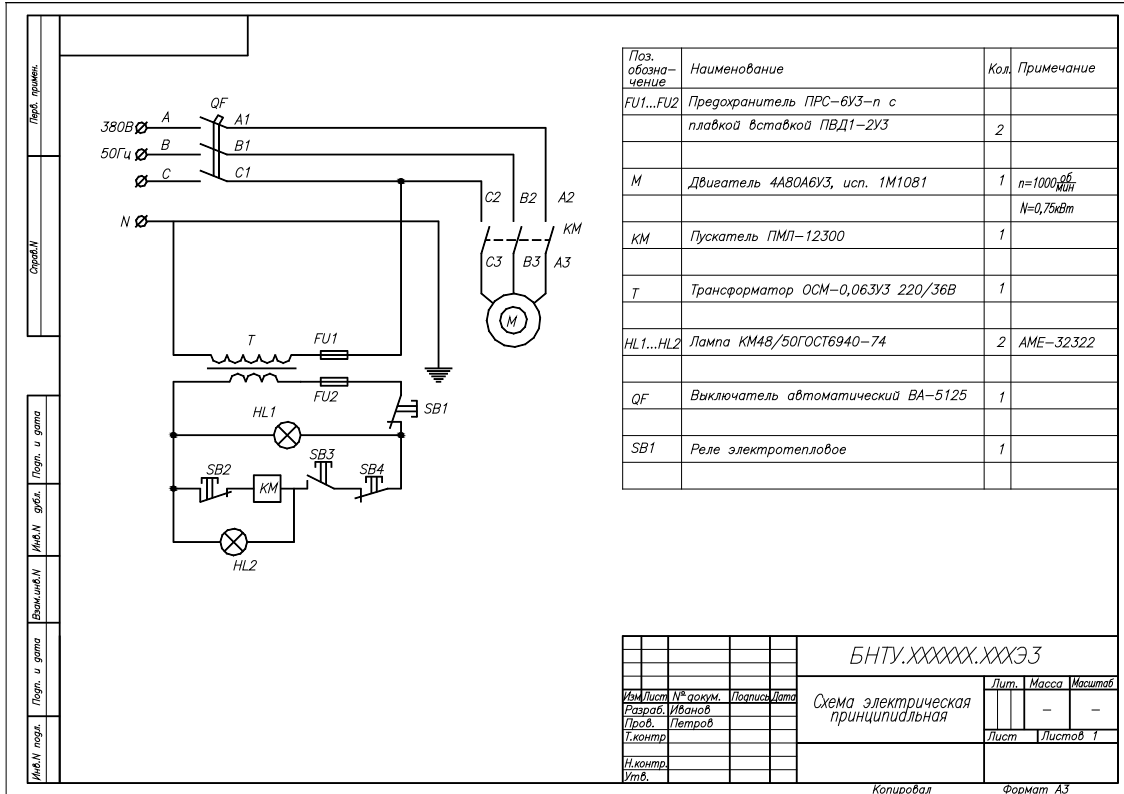
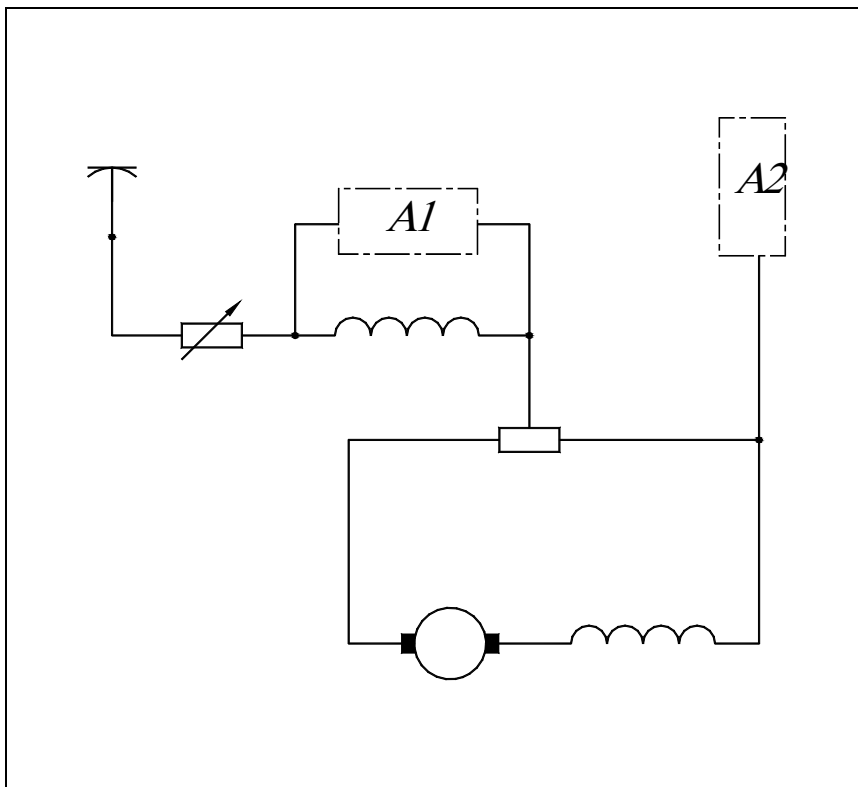


Рис. 3.1. Пример выполненной работы

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Варианты 1, 2

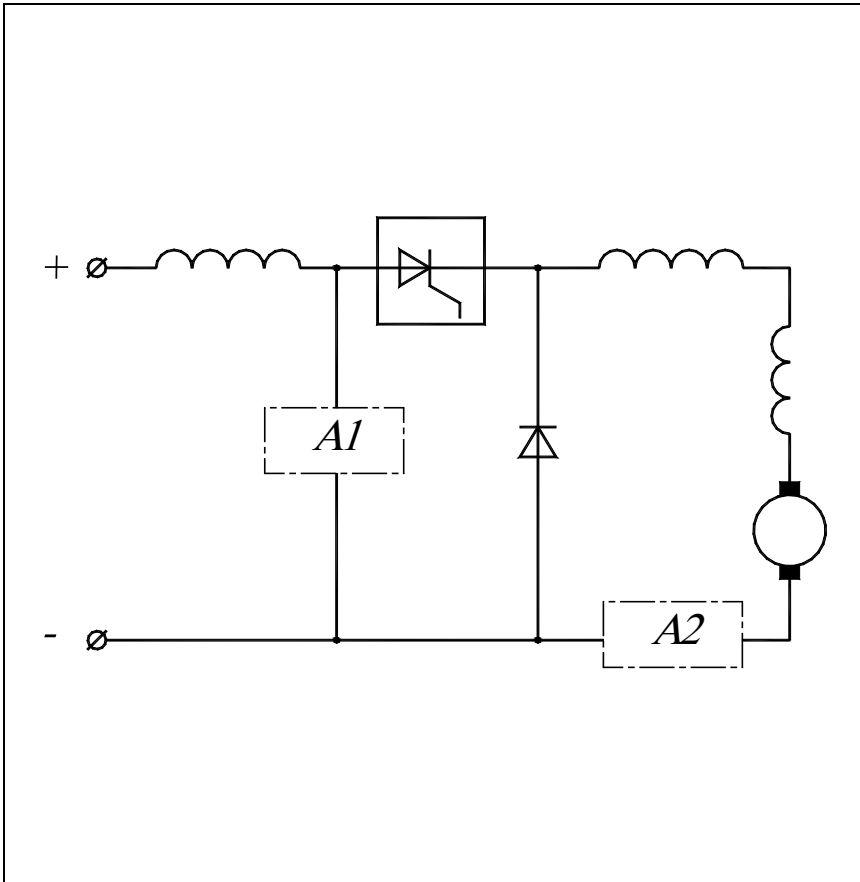
Схема реостатного торможения



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	1	2
<i>A2</i>	10	11

Варианты 3, 4

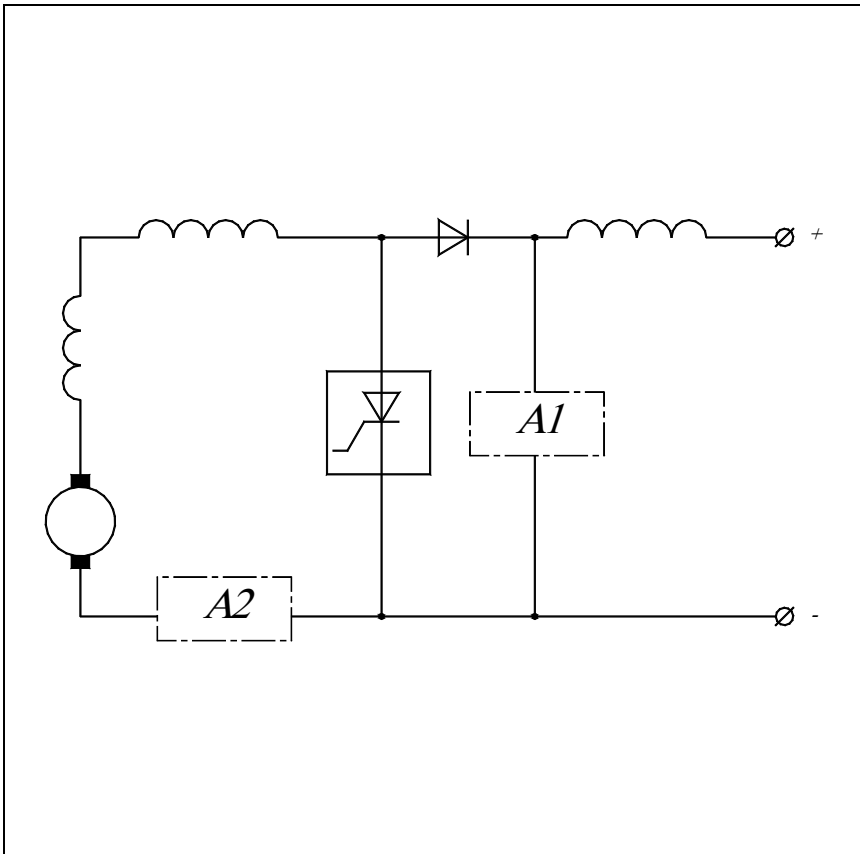
Схема включения тиристорно-импульсного регулятора напряжения при пуске



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	15	17
<i>A2</i>	1	2

Варианты 5, 6

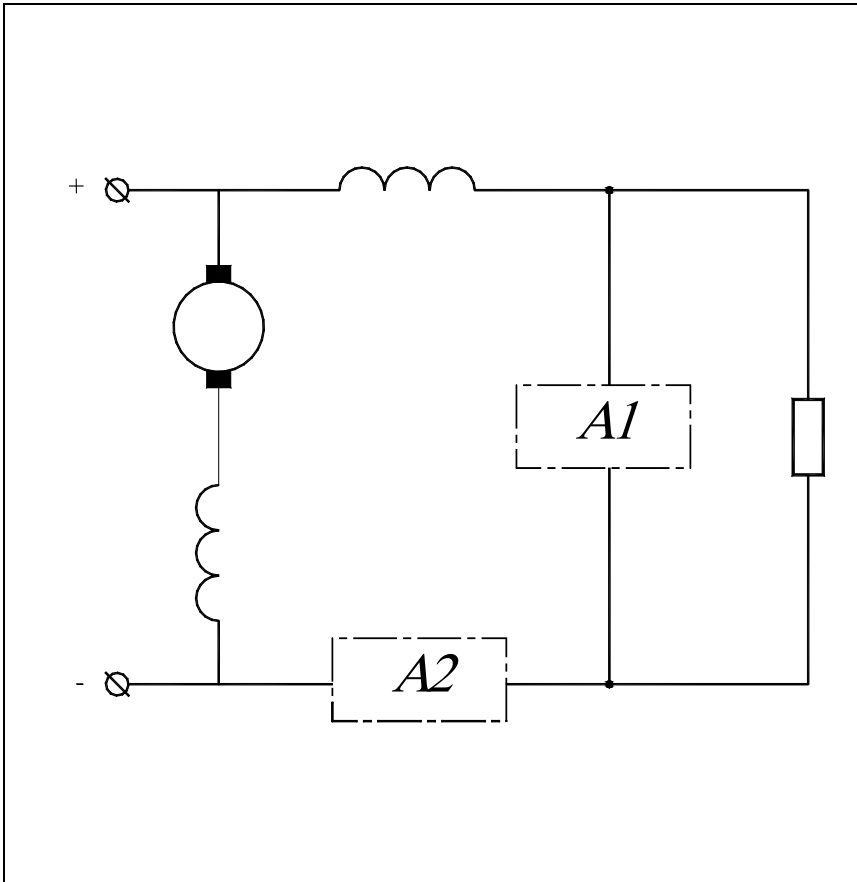
Схема включения тиристорно-импульсного регулятора
напряжения при рекуперативном торможении



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	15	17
<i>A2</i>	2	1

Варианты 7, 8

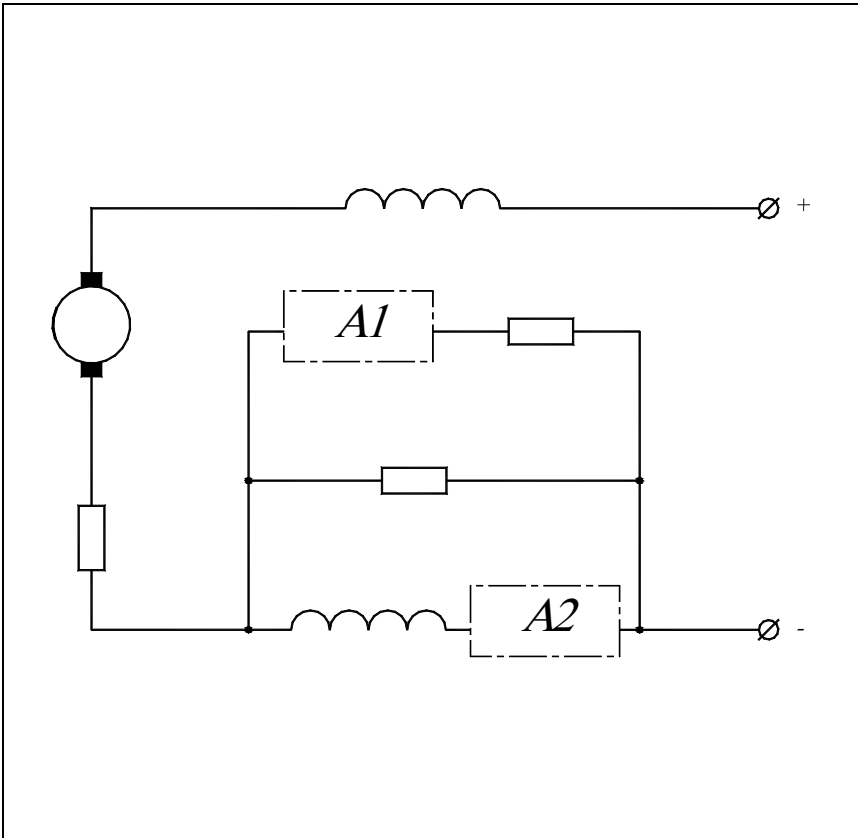
Схема включения тиристорно-импульсного регулятора
напряжения при реостатном торможении



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблицы 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	24	45
<i>A2</i>	2	1

Варианты 9, 10

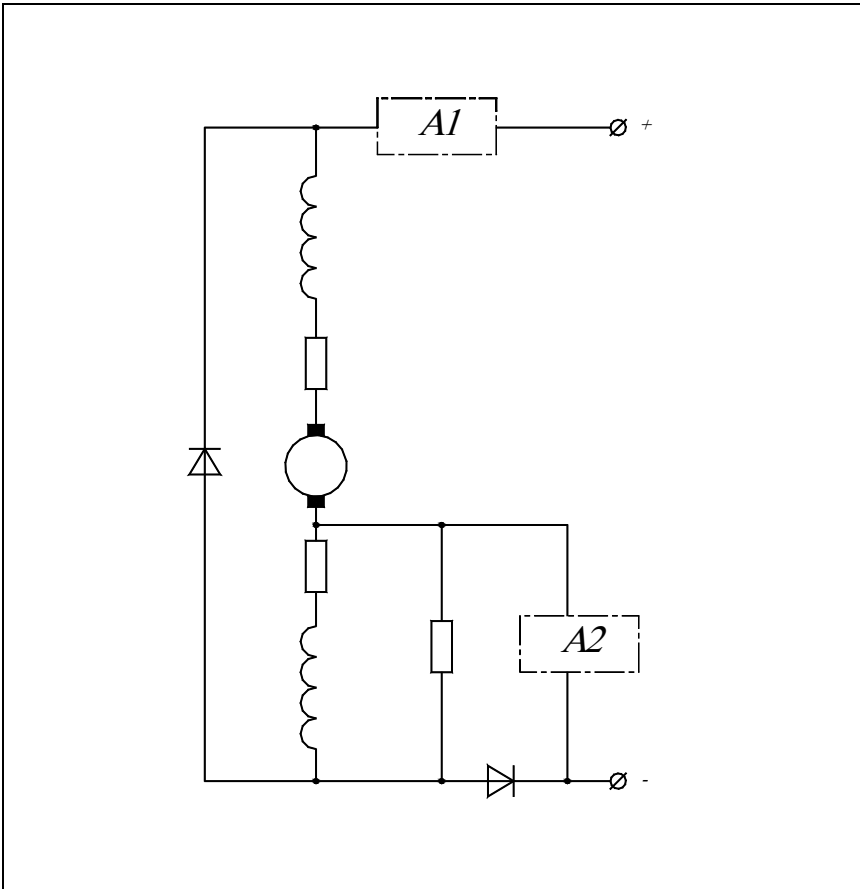
Схема включения тиристорно-импульсного регулятора
при регулировании возбуждения тягового двигателя



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	25	24
<i>A2</i>	1	2

Варианты 11, 12

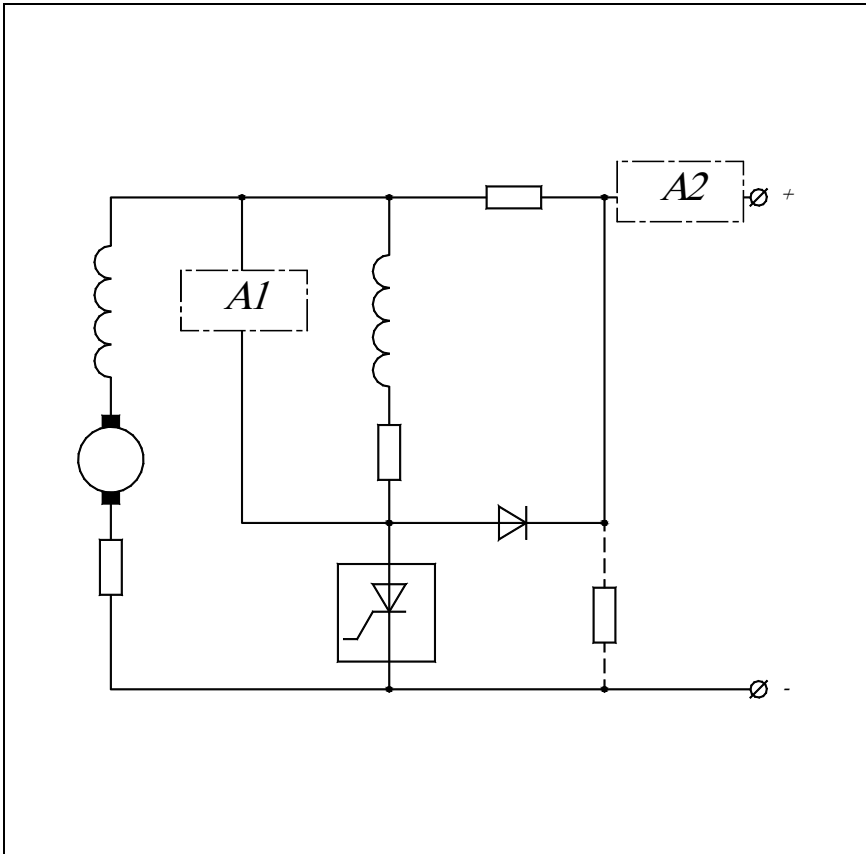
Схема включения общего тиристорно-импульсного регулятора для ослабления возбуждения тягового двигателя при пуске



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	45	25
<i>A2</i>	1	2

Варианты 13, 14

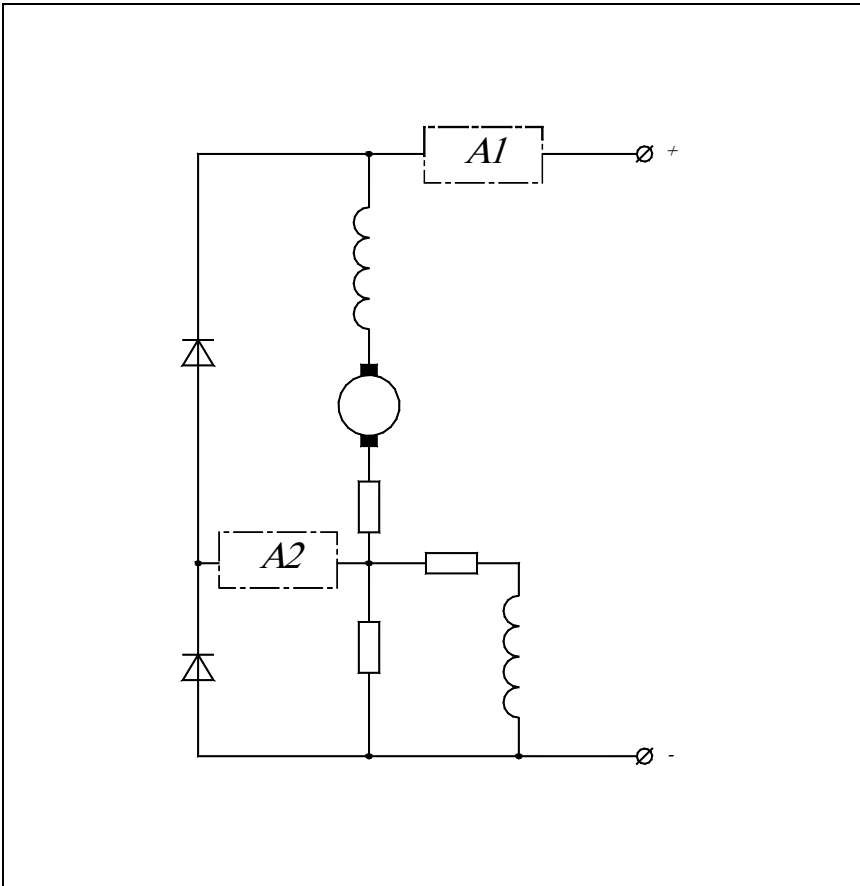
Схема включения общего тиристорно-импульсного регулятора для усиления возбуждения тягового двигателя при торможении



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	2	1
<i>A2</i>	20	46

Варианты 15, 16

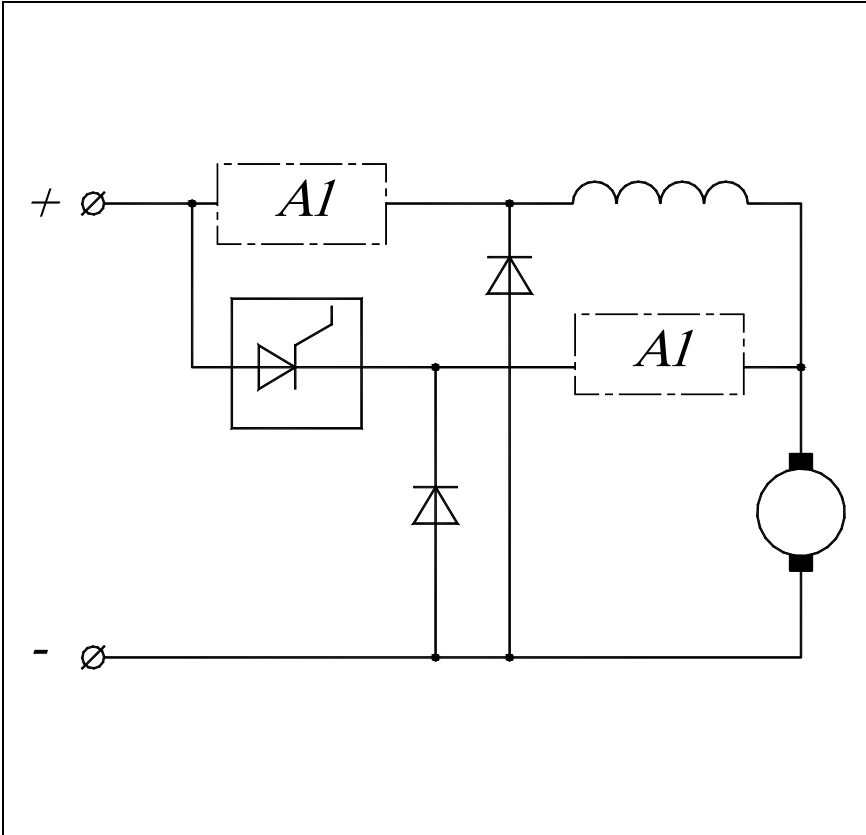
Схема включения общего тиристорно-импульсного регулятора для усиления возбуждения тягового двигателя при пуске



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	24	25
<i>A2</i>	1	2

Варианты 17, 18

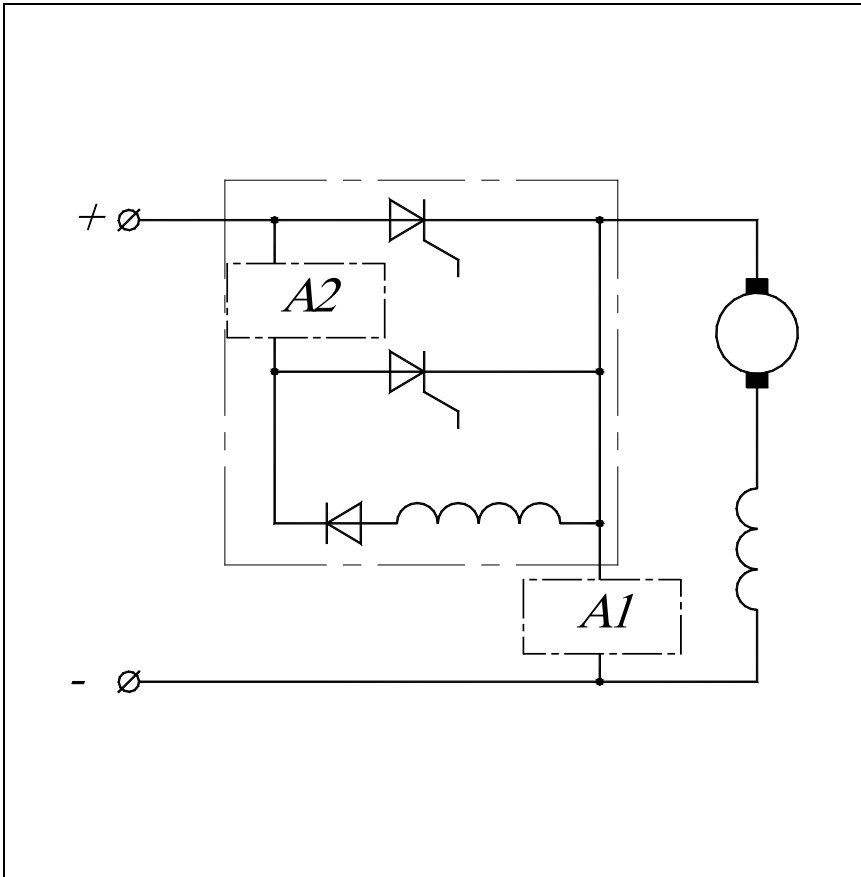
Схема двухфазного тиристорно-импульсного регулятора с общей нагрузкой



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	25	45
<i>A2</i>	58	1

Варианты 19, 20

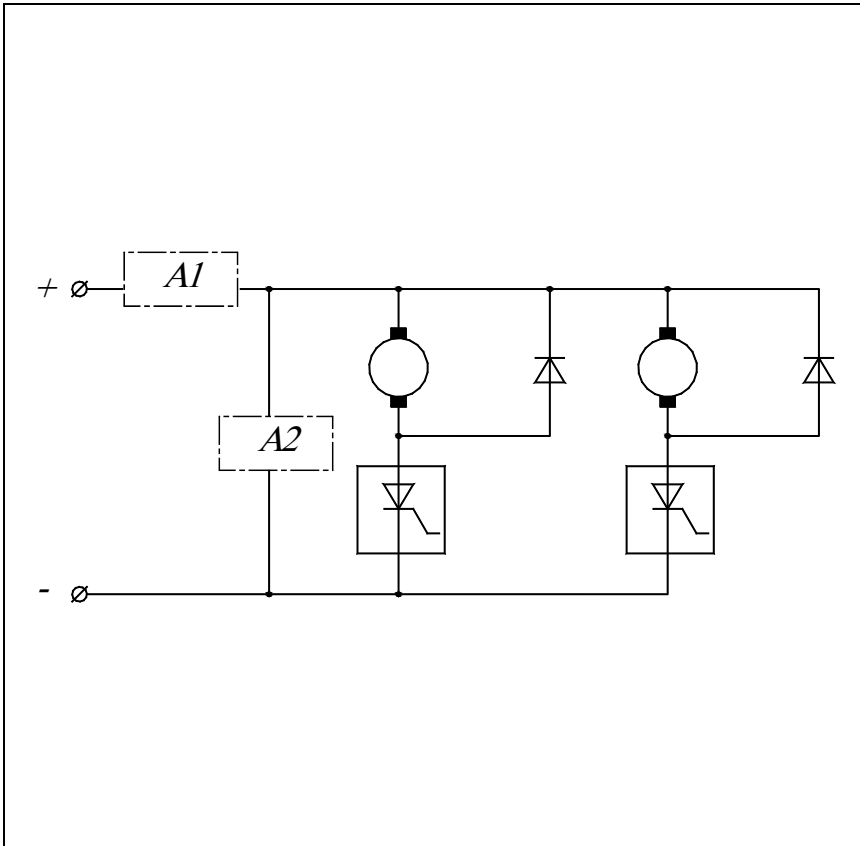
Схема тиристорного прерывателя
с предварительным перезарядом C_k



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	20	46
<i>A2</i>	15	16

Варианты 21, 22

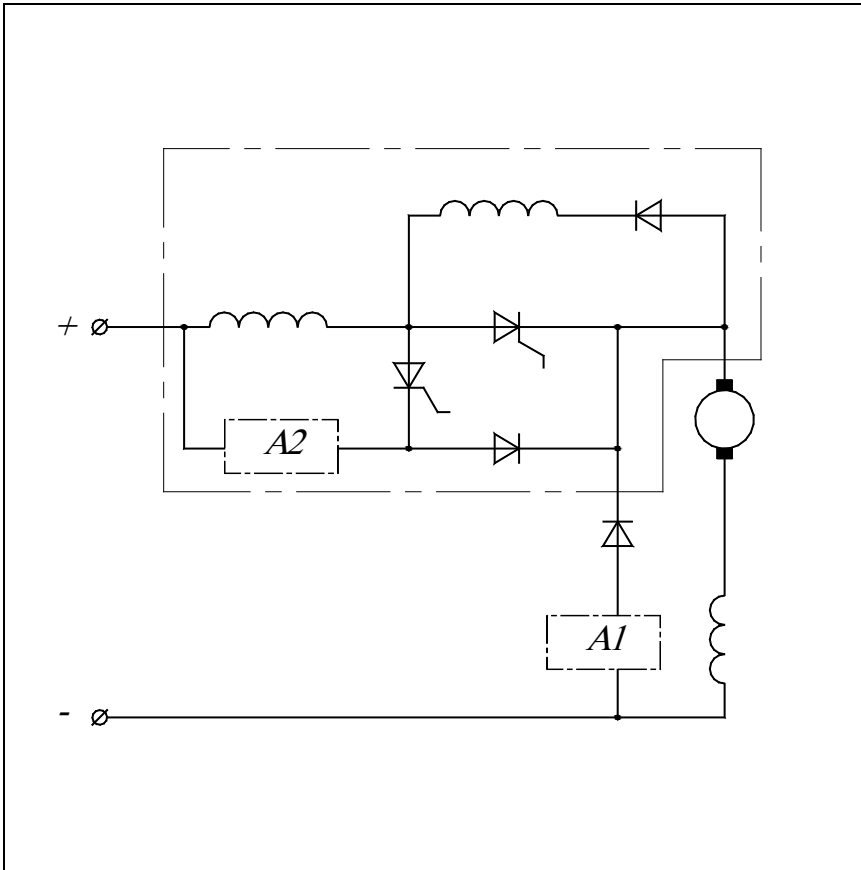
Принципиальная схема двухфазной тиристорной системы регулирования



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	58	1
<i>A2</i>	15	17

Варианты 23, 24

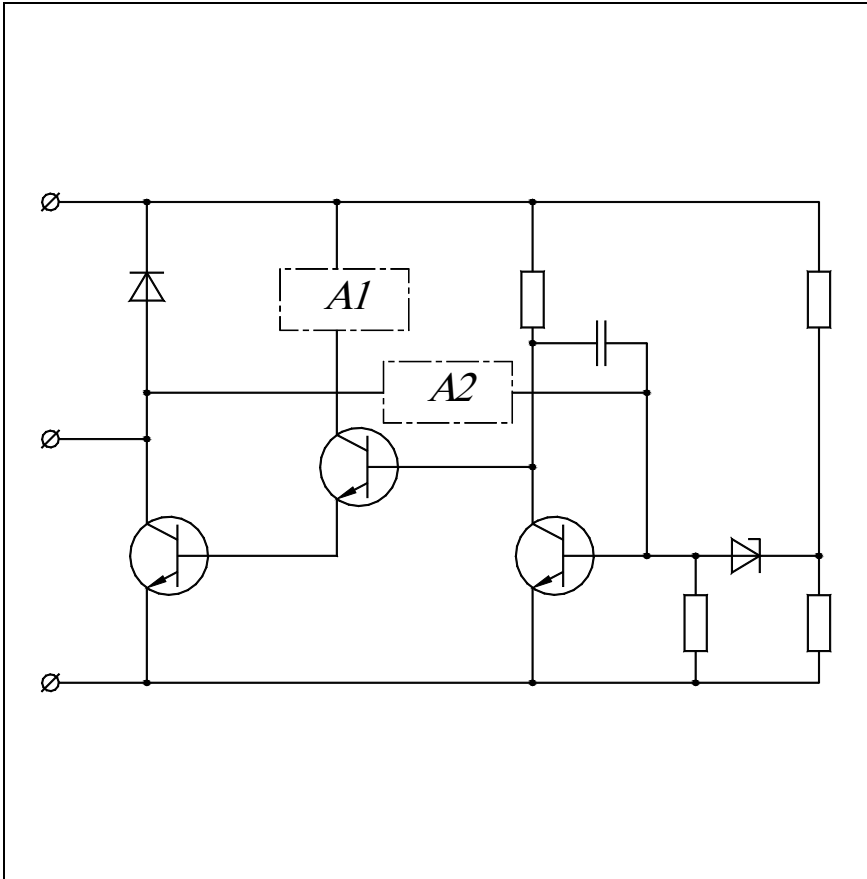
Схема тиристорного прерывателя с дополнительным разрядным контуром



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	17	15
<i>A2</i>	2	58

Варианты 25, 26

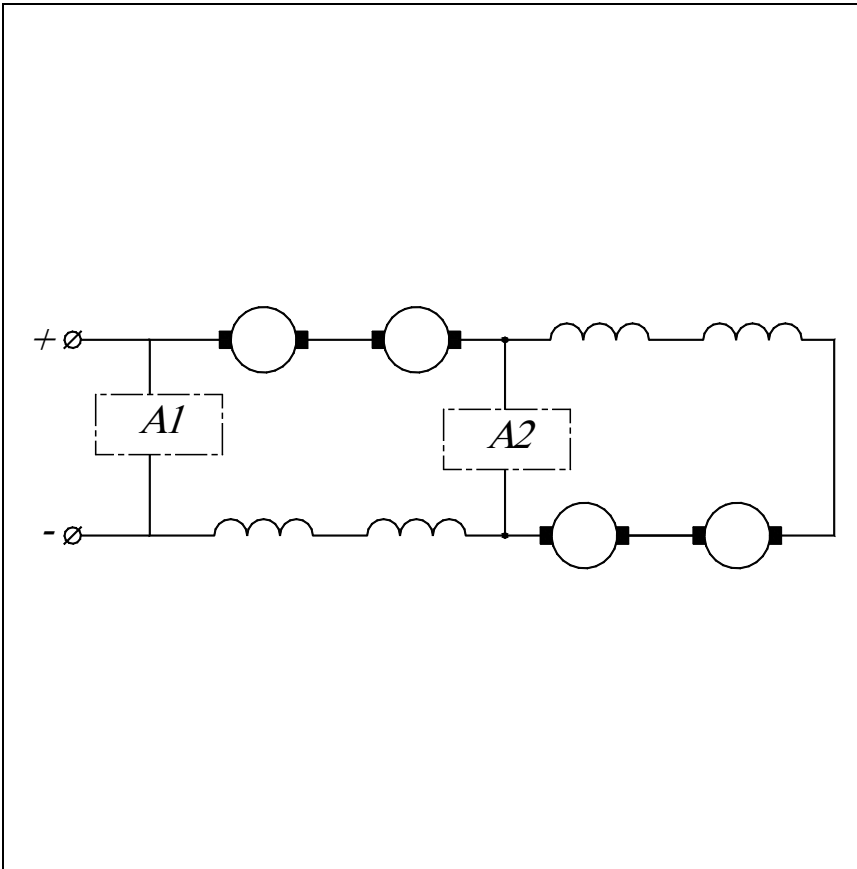
Схема регулятора зарядки троллейбуса



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	1	2
<i>A2</i>	15	17

Варианты 27, 28

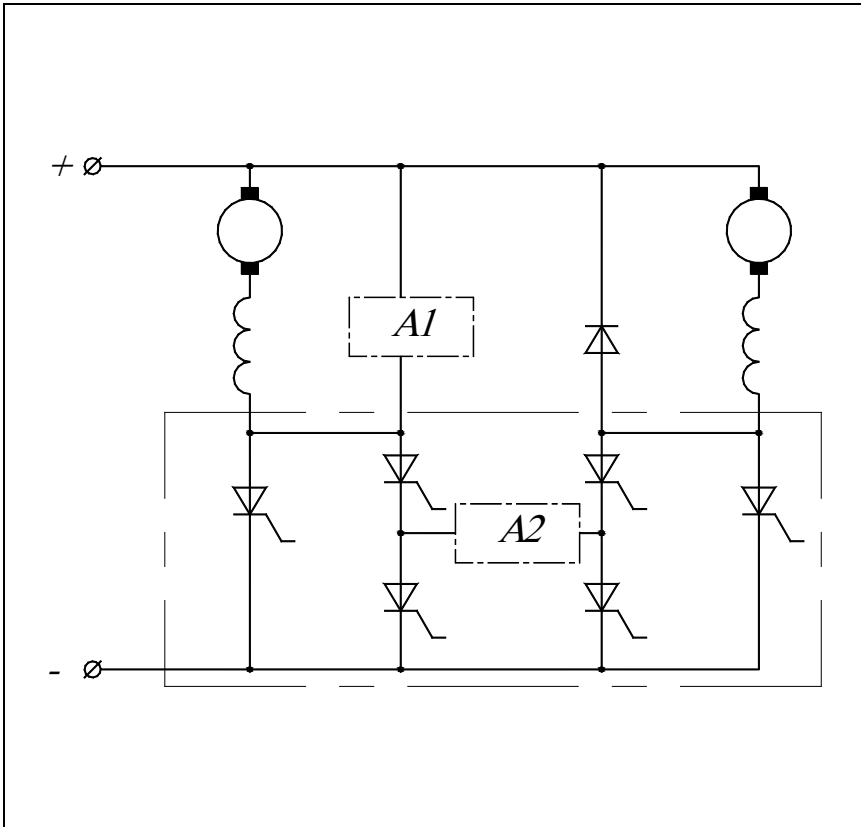
Схема реостатного торможения с самовозбуждением генераторов последовательного возбуждения с четырьмя тяговыми двигателями



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	45	46
<i>A2</i>	2	1

Варианты 29, 30

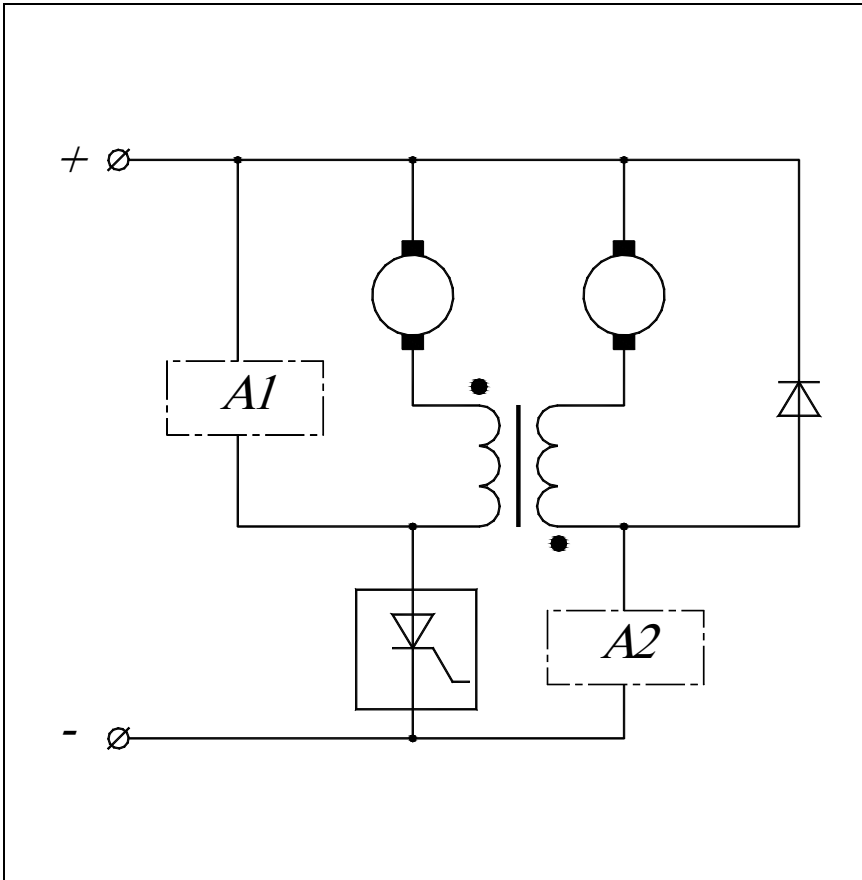
Схема двухфазного тиристорного прерывателя без предварительного перезаряда C_k



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	20	46
<i>A2</i>	17	15

Варианты 31, 32

Схема двухфазного тиристорно-импульсного регулятора с отдельной нагрузкой



Позиционное обозначение элемента	Вариант (элемент таблица 1.3)	
	1	2
<i>A1</i>	45	20
<i>A2</i>	25	24

5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

5.1. Учебные и справочные издания

1. Левицкий, В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учеб. для втузов / В.С. Левицкий. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2000. – 422 с.: ил.

2. Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.: ил.

3. Троллейбусы. Устройство и техническое обслуживание / Н.В. Богдан [и др.]. – Минск: Тамрасат, 1997. – 256 с.

5.2. Технические нормативные правовые акты

Номер ТНПА	Наименование ТНПА
ГОСТ 2.102–68	Виды и комплектность конструкторских документов
ГОСТ 2.104–2006	Основные надписи
ГОСТ 2.701–84	Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
ГОСТ 2.702–75	Правила выполнения электрических схем
ГОСТ 2.710–81	Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах
ГОСТ 2.721–74	Обозначения условные графические в электрических схемах. Обозначения общего применения
ГОСТ 2.722–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Машины электрические
ГОСТ 2.723–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители
ГОСТ 2.726–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Токосъемники

Номер ТНПА	Наименование ТНПА
ГОСТ 2.727–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Разрядники, предохранители
ГОСТ 2.728–74	Обозначения условные графические в электрических схемах. Резисторы, конденсаторы
ГОСТ 2.729–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Приборы электроизмерительные
ГОСТ 2.730–73	Обозначения условные графические в электрических схемах. Приборы полупроводниковые
ГОСТ 2.731–81	Обозначения условные графические в электрических схемах. Приборы электровакуумные
ГОСТ 2.732–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Источники света
ГОСТ 2.734–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Линии сверхчастотные и их элементы
ГОСТ 2.735–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Антенны
ГОСТ 2.736–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные, линии задержки
ГОСТ 2.737–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства связи
ГОСТ 2.739–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Аппараты, коммутаторы и станции коммутационные телефонные
ГОСТ 2.740–89	Обозначения условные графические в электрических схемах. Аппараты и трансляции телеграфные
ГОСТ 2.741–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Приборы акустические
ГОСТ 2.743–91	Обозначения условные графические в электрических схемах. Элементы цифровой техники
ГОСТ 2.744–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства электрозапальные

Номер ТНПА	Наименование ТНПА
ГОСТ 2.745–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические
ГОСТ 2.746–68	Обозначения условные графические в электрических схемах. Генераторы и усилители квантовые
ГОСТ 2.752–71	Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства телемеханики
ГОСТ 2.755–87	Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения
ГОСТ 2.756–76	Обозначения условные графические в электрических схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств
ГОСТ 2.757–81	Обозначения условные графические в электрических схемах. Элементы коммутационного поля коммутационных систем
ГОСТ 2.758–81	Обозначения условные графические в электрических схемах. Сигнальная техника
ГОСТ 2.762–85	Обозначения условные графические в электрических схемах. Частоты и диапазоны частот для систем передачи с частотным разделением каналов
ГОСТ 2.763–85	Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства с импульсно-кодовой модуляцией
ГОСТ 2.764–86	Обозначения условные графические в электрических схемах. Интегральные оптоэлектронные элементы индикации
ГОСТ 2.765–87	Обозначения условные графические в электрических схемах. Запоминающие устройства
ГОСТ 2.766–88	Обозначения условные графические в электрических схемах. Системы передачи информации с временным разделением каналов
ГОСТ 2.767–89	Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Общие правила оформления чертежей в соответствии со стандартами ЕСКД

Для оформления чертежей пользуются Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), стандарты которой устанавливают единые для всех предприятий правила разработки, оформления и обращения конструкторской документации. Рассмотрим кратко некоторые стандарты (ГОСТ – государственный стандарт) этой системы, знание которых необходимо для оформления любых чертежей, в том числе чертежей графических работ по начертательной геометрии.

Форматы (ГОСТ 2.301–68)

Этот стандарт устанавливает форматы листов чертежей – размеры внешней рамки чертежа в миллиметрах (мм).

Формат с размерами сторон 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м^2 с соотношением сторон $5/7$, принят за самый большой основной формат.

Прочие основные форматы получают последовательным делением большей стороны предыдущего формата пополам параллельно его меньшей стороне (табл. П1.1).

Таблица П1.1

Основные стандартные форматы чертежей по ГОСТ 2.301–68

Обозначение	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Размеры сторон, мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210	148×210

Применяются для выполнения чертежей и дополнительные форматы, образование и размеры которых смотрите в указанном стандарте (здесь не приведены).

Чертежи индивидуальных заданий контрольной работы следует выполнять на форматах А3 с размерами сторон 297×420 мм.

Масштабы (ГОСТ 2.302–68)

Этот стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующих рядов (табл. П1.2).

Таблица П1.2

Масштабы изображений на чертежах по ГОСТ 2.302–68

Масштаб уменьшения	1 : 2	1 : 2,5	1 : 4	1 : 5	1 : 10	...	1 : 1000
Натуральная величина	1 : 1						
Масштаб увеличения	2 : 1	1 : 2,5	4 : 1	5 : 1	100 : 1

Чертежи индивидуальных заданий выполнять в натуральную величину в М1 : 1.

Линии (ГОСТ 2.303–68)




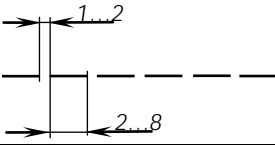
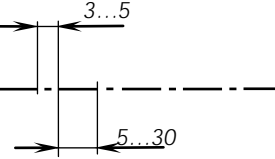
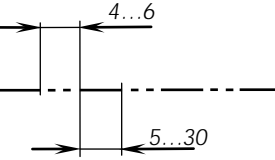
Этот стандарт устанавливает начертание и основные назначения линий на чертежах.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на чертеже.

Толщина s сплошной толстой основной линии должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа, а толщина всех прочих линий на чертеже берется в зависимости от выбранной для чертежа сплошной толстой основной линии.

Начертание, назначение и относительная толщина линий, применяемых при выполнении чертежей, приведены в табл. П1.3.

Таблица П1.3

Наименование	Начертание	Толщина линии, мм	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		$s = 0,5 \dots 1,4$	Линии видимого контура
2. Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии выносные и размерные
3. Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$	Линия обрыва изображения
4. Штриховая		От $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура
5. Штрихпунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и линии симметрии
6. Штрихпунктирная с двумя точками		От $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках

Рекомендуемая толщина линий различного назначения и их начертание для выполнения графических работ по начертательной геометрии на формате А3:

- а) сплошная толстая основная – $s = 0,7 - 0,9$ мм;
- б) все тонкие линии – $s/3$;
- в) начертание штриховой линии:
 - длина штрихов – 4 мм;
 - разрывы между штрихами – 1 мм.

При этом на чертеже:

- штрихи этой линии должны касаться линий видимого контура;
- на изгибах линии ее штрихи должны касаться друг друга;
- г) начертание штрихпунктирной линии:
 - длинные штрихи – 12 мм;
 - между длинными штрихами под короткий пунктир расстояние 3 мм;
 - длина пунктира – 1 мм.

При этом на чертеже:

- штрихпунктирные линии должны пересекаться длинными штрихами;
- за видимый контур изображения длинные штрихи этой линии выступают на 2 мм.

Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304–81)

Этот стандарт устанавливает чертежные шрифты, т. е. размеры и начертание цифр и букв различных алфавитов (рис. П1.1–П1.3).

Некоторые определения:

1. Размер шрифта h – высота прописных (больших) букв и цифр в миллиметрах.

Стандартом установлены следующие размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. На рис. П1.1, П1.2 и П1.3 приведены примеры стандартных шрифтов.

2. Высота строчных (маленьких) букв c (без отростков k) определяется по отношению $c = 7/10h$, т. е. в каждом размере шрифта высота строчных букв на размер меньше прописных.

3. Толщина линий шрифта d определяется в зависимости от высоты и типа шрифта:

- для шрифта типа **А** (узкого) $d = 1/14h$;
- для шрифта типа **Б** (широкого) $d = 1/10h$.

Буквы шрифта любого типа можно выполнять с наклоном в 75° к одной из сторон рамки чертежа или без наклона.

4. Ширина и начертание каждой буквы (прописной и строчной), расстояние между буквами и цифрами, минимальное расстояние между словами и минимальный шаг строк для шрифта типа **Б** русского (кириллицы), латинского и греческого алфавитов, а также начертание и ширина арабских цифр даны на рис. П1.1–П1.3, где все буквы и цифры выполнены шрифтом типа **Б** на вспомогатель-

ных сет-ках с шагом между линиями, равным $d = 1/10 h$, которому равна толщина ли-ний шрифта.

Шрифт N10 (типБ-широкий)

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У

Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч

ш щ ъ ы ь э ю я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 3

Контрольная работа N1

Шрифт N7 (типБ-широкий)

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У

Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 3

Разработал Рецензент вариант лист

Применяемые знаки

R20 ϕ 15 \square 34 \triangleright 1:7 \triangleright 1:3 45°

R – радиус дуги

ϕ – диаметр окружности

\square – знак призматической

\triangleright – знак конусности

(для конических поверхностей)

\triangleright – знак уклона

(для наклонных плоскостей)

\square – знак призматической поверхности (сторона квадрата)

75° Шрифт N10 (тип Б широкий)

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРС
ТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдежзийкмнопрстуфх
цчшщъыьэюя 1234567890 3
Контрольная работа N1 лист
Разработал Рецензент вариант

Шрифт N7 (тип Б широкий)

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРС
ТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ
абвгдежзийкмнопрстуфхцчшщъыьэюя
1234567890 3

Рис.
П.1.1.1.

Применяемые знаки

R20 ∅15 □34 ▷1:7 >1:3 45°

Рис.

Греческиѹ алфавит

Α Β Γ Δ Ε Ζ Η Θ Ι Κ Λ Μ Ν
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Ξ Ο Π Ρ Σ Τ Υ Φ Χ Ψ Ω
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ ν
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

- | | |
|-------------|--------------|
| 1 - альфа | 13 - ню |
| 2 - бета | 14 - кси |
| 3 - гамма | 15 - омикрон |
| 4 - дельта | 16 - пи |
| 5 - эпсилон | 17 - ро |
| 6 - дзета | 18 - сигма |
| 7 - эта | 19 - тау |
| 8 - тэта | 20 - upsilon |
| 9 - йота | 21 - фи |
| 10 - kappa | 22 - хи |
| 11 - lambda | 23 - пси |
| 12 - мю | 24 - omega |

Латинскиѹ алфавит

A B C D E F G H I J K L M N

O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s t u v w x y z

Рис. П1.3

Методические указания по оформлению графических работ

Каждый лист графической работы выполнить на стандартных листах формата А3 (ГОСТ 2.301–68 «Форматы») с размерами сторон 420×297 мм. Оформление формата А3 показано на рис. П2.1. Если размеры листа бумаги не соответствуют необходимому для выполнения чертежа формату по ГОСТ 2.301–68 (превышают его), на листе вычерчивается сплошной тонкой линией внешняя рамка чертежа (рамка формата). По ней формат должен быть вырезан из листа, желательно, после завершения работы над чертежом. Внутренняя рамка чертежа выполняется сплошными толстыми основными линиями.

Для выполнения текста основной надписи следует использовать стандартный чертежный шрифт № 7 и № 5 типа Б (ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертежные»).

На чертежах по машиностроительному черчению следует выполнять стандартную по ЕСКД основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 «Основные надписи». Допускается использовать на этих чертежах стандартные форматы с уже готовой типографской рамкой чертежа и таблицей под основную надпись.

Содержание, размеры и расположение граф стандартной основной надписи формы 1, используемой на чертежах и схемах, даны на рис. П2.1 и П2.2.

На формате А4 основная надпись должна располагаться только вдоль короткой стороны рамки чертежа (рис. П2.2), а на всех других форматах, включая формат А3 (рис. П.2.1), она может располагаться как вдоль короткой, так и вдоль длинной стороны.

<u>Обозначение документа</u> в соответствии с ГОСТ 2.201-80					<u>Обозначение материала детали</u> (заполняют на чертежах деталей)					
<u>Наименование изделия</u> в соответствии с ГОСТ 2.109-73					<u>Наименование или индекс предприятия</u> (указывают номер группы)					
Изм.	Лист	Издан	Тема	Дата				Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.										
Пров.										
Техн. р.								Лист	Листов	
Нач. гр.										
Утв.										

Формат А3

Рис. П2.1

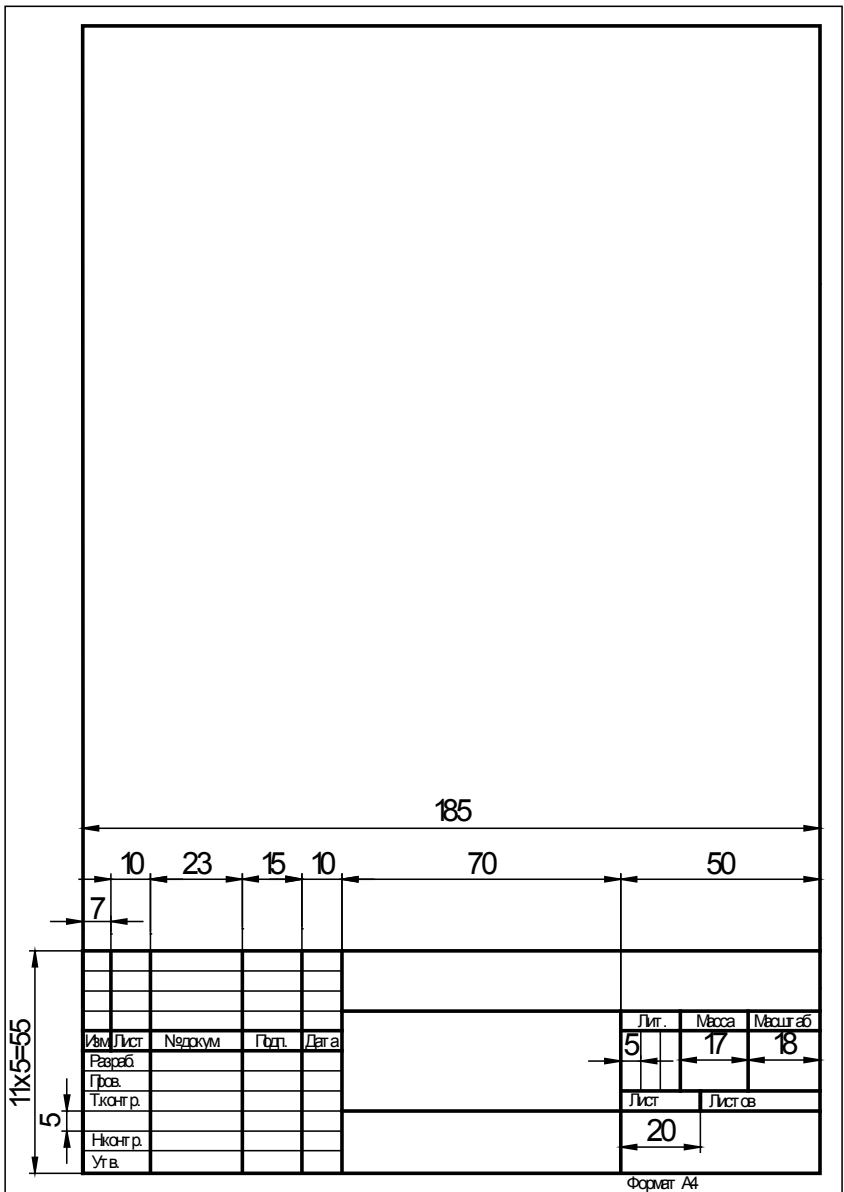


Рис. П2.2

Чертежные материалы, принадлежности и инструменты

Чертежные материалы, принадлежности и инструменты для графического выполнения индивидуальных графических заданий существенно влияют на качество и трудоемкость выполнения чертежей.

Для облегчения выполнения и качественного графического оформления чертежей необходимо приобрести:

1. Чертежную белую бумагу – ватман формата А3 – хорошего качества без типографской рамки чертежа и основной надписи.

2. Чертежные линейки и угольники – желательно деревянные или из качественной прозрачной пластмассы (с выступающими опорными элементами во избежание размазывания вычерченных линий):

– линейка должна быть длиной не менее 400 мм (для вычерчивания рамки чертежа и нанесения горизонтальных линий связи);

– можно использовать роликовые линейки-рейшины хорошего качества (длина – 220...300 мм) для вычерчивания параллельных линий;

– прямоугольные треугольники (деревянные или пластмассовые с выступающими опорными элементами) должны иметь острые углы в 45° или 30° и 60° и прямолинейные гладкие кромки. При покупке желательно проверять качество изготовления треугольника, в частности, выдержан ли прямой угол.

3. Учебный набор чертежных инструментов (готовальня) с циркулем и измерителем. Можно приобрести циркуль отдельно – хорошего качества, удобный в пользовании, с возможностью легкой замены грифеля. В головку циркуля нужно вставить хороший грифель и заточить его.

4. Карандаши:

– рекомендуем приобретать качественные карандаши твердости грифеля «НВ» (твёрдо-мягкий), «ВН» (мягко-твёрдый), «В» (мягкий) и «F» (более мягкий); грифель из карандаша твердостью «В» или «F» нужно вставлять в головку циркуля; при использовании обычных карандашей должна быть приобретена точилка с контейнером для сбора срезанной части карандаша;

– рекомендуем автоматические цанговые карандаши с грифелями 0,9; 0,7 и 0,5 мм для выполнения толстых и тонких линий на чертежах (карандаши и грифели к ним приобретать качественные).

5. Немаловажное значение для качества выполнения графических работ имеет и ластик: он должен вытирать линию, а не размазывать ее, и не должен протирать бумагу (без абразивных включений – белого цвета, как правило).

Учебное издание

ЗЕЛЁНЫЙ Петр Васильевич
РАВИНО Виктор Валерьевич
ЖДАНОВИЧ Чеслав Иосифович

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ

Учебно-методическое пособие

Редактор Е.О. Коржуева
Компьютерная верстка А.Г. Занкевич

Подписано в печать 02.04.2012.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 5,52. Уч.-изд. л. 4,32. Тираж 300. Заказ 1064.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.