

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
«БРАТСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»**

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ГАПОУ БРИМТ  
Колонтай А.М.  
« 25 » сентября 2020 г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ  
РАБОТ ПО ПРОГРАММЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПО  
ПРОФЕССИИ  
«ЭЛЕКТРОМОНТЁР ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования  
промышленных и гражданских зданий

2020 г.

Методические указания разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта, примерной программы профессионального модуля Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок (Организация разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение г. Москвы образовательный комплекс градостроительства «Столица» (ГБПОУ ОКГ «Столица» г. Москвы), учебного плана по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий (базовая подготовка).

Организация-разработчик: государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Иркутской области «Братский индустриально-металлургический техникум» (ГАПОУ БРИМТ).

Разработчики:

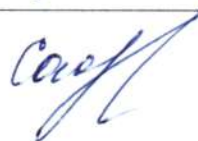
Пантелеев Д.А. – преподаватель ГАПОУ БРИМТ;

Рогова О.Е. – заместитель директора по учебно-методической работе, преподаватель ГАПОУ БРИМТ.

Рассмотрена и одобрена на заседании предметной (цикловой) комиссии электротехнического цикла

« 23 » января 2020, № 5

Председатель комиссии: Сафронова Н.Е.



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОФЕССИИ ЭЛЕКТРОМОНТЁР ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

#### 1.1. Область применения программы

Программа профессионального модуля (далее программа) – является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД):

Обслуживание и ремонт простых и сложных электрических цепей, узлов, электроаппаратов и электрических машин, а также сопряженных с ними механизмов, их регулирование и испытание

ПК

Лужение, пайка, изолирование электропроводов и кабелей
Прокладка и сращивание электропроводов и кабелей; установка соединительных муфт, коробок
Ремонт сложных деталей и узлов электроаппаратов и электрических машин, а также сопряженных с ними механизмов
Соединение деталей и узлов в соответствии со сложными электромонтажными схемами
Заземление и зануление силовых установок
Регулирование и испытание собранных, отремонтированных электрических машин, электроаппаратов, электроприборов и сопряженных с ними механизмов

Программа профессионального модуля может быть использована в области электромонтажных, эксплуатационных и пусконаладочных работ на базе электрооборудования промышленных и гражданских зданий и электрических сетей при наличии среднего (полного) общего образования по специальностям: 19806 Электромонтажник по освещению и осветительным сетям, 19812 Электромонтажник по силовым сетям и электрооборудованию. Опыт работы не требуется.

#### 1.2. Цели и задачи модуля – требования к результатам освоения модуля

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

**иметь практический опыт:**

- выполнения сборки, монтажа, обслуживания и ремонта электрооборудования промышленных и гражданских зданий.

**уметь:**

- выполнять отдельные несложные работы по ремонту и обслуживанию электрооборудования под руководством электромонтера более высокой квалификации;
- выполнять монтаж и ремонт распределительных коробок, клеммников, предохранительных щитков и осветительной арматуры;
- выполнять очистку и продувку сжатым воздухом электрооборудования с частичной разборкой, промывкой и протиркой деталей;
- выполнять чистку контактов и контактных поверхностей;
- выполнять разделку, сращивание, изоляцию и пайку проводов напряжением до 1000 В;
- прокладывать установочные провода и кабели;
- выполнять простые слесарные и монтажные работы при ремонте электрооборудования;
- подключать и отключать электрооборудование и выполнять простейшие измерения;
- работать пневмо- и электроинструментом;
- выполнять такелажные работы с применением простых грузоподъемных средств и кранов, управляемых с пола;
- выполнять проверку и измерения мегомметром сопротивления изоляции распределительных сетей, статоров и роторов электродвигателей, обмоток трансформаторов, вводов и выводов кабелей;
- обслуживать энергоустановки мощностью до 50 кВт.

**знать:**

- устройство и принцип работы электродвигателей, генераторов, трансформаторов, коммутационной и пускорегулирующей аппаратуры, аккумуляторов и электроприборов;
- правила и способы монтажа и ремонта электрооборудования в объеме выполняемых работ;
- наименование, назначение и правила пользования применяемым рабочим и контрольно-измерительным инструментом и основные сведения о производстве и организации рабочего места;
- приемы и способы замены, сращивания и пайки проводов низкого напряжения;
- правила оказания первой помощи при поражении электрическим током;
- правила техники безопасности при обслуживании электроустановок в объеме квалификационной группы 2;
- приемы и последовательность производства такелажных работ.

Выполнение практических работ способствует формированию общих и профессиональных компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОКУ 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

## **ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Практические работы по программе профессионального модуля проводятся в аудитории для проведения лабораторных и практических занятий.

Перед выполнением практических работ студент должен строго выполнить весь объем домашней подготовки; знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента.

При выполнении работ студент должен самостоятельно изучить методические рекомендации по проведению конкретной работы; выполнить соответствующие задания и расчеты; пользоваться справочной и технической литературой; подготовить ответы на контрольные вопросы.

Изучая теоретическое обоснование, студент должен иметь в виду, что основной целью изучения теории является умение применить ее на практике для решения практических задач.

При решении задач рекомендуется сначала наметить ход решения. В случае простых задач рекомендуется сначала найти решение в общем виде, лишь в конце подставляя числовые значения. В случае задач с большим вычислением рекомендуется после того, как намечен ход решения, подставлять числовые значения и проводить вычисления в промежуточных формулах.

После выполнения работы студент должен представить проект и устно его защитить.

Если студент не выполнил практическую работу или часть работы, то он может выполнить работу или оставшуюся часть внеурочное время, согласованное с преподавателем.

Оценку по практической работе студент получает, с учетом срока выполнения работы, если:

- задания выполнены правильно и в полном объеме;
- сделан анализ проделанной работы и вывод по результатам работы;
- студент может пояснить выполнение любого этапа работы;
- отчет по проекту выполнен в соответствии с требованиями к выполнению работы.

Зачет по практическим работам студент получает при условии выполнения всех предусмотренных программой работ после сдачи отчетов по работам при удовлетворительных оценках за опросы и контрольные вопросы во время практических занятий.

### **Критерии оценки выполнения практических заданий**

Оценка «отлично» ставится, если студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; Оценка «хорошо» ставится, если студент выполнил требования к оценке «отлично», но допущены 2-3 недочета.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить

правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент выполнил работу не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

### **Оценивание защиты контрольных вопросов**

Оценка «отлично» ставится в том случае, если студент

- правильно понимает сущность вопроса, дает точное определение и истолкование основных понятий;
- строит ответ по собственному плану, сопровождает ответ новыми примерами, умеет применить знания в новой ситуации;
- может установить связь между изучаемым и ранее изученным материалом из курса, а также с материалом, усвоенным при изучении других дисциплин.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Номер работы	Наименование работы	Кол. часов
1	2	3
1	Оконцевание и опрессовка проводов и кабелей	2
2	Выполнение лужения. Выполнение пайки	2
3	Монтаж электропроводок в трубах	2
4	Изучение конструкции магнитных пускателей	2
5	Монтаж схемы пуска АД	2
6	Монтаж схемы пуска и реверса АД	2
7	Изучение конструкции и исследование защитных характеристик тепловых реле	2
8	Оформление наряда-допуска	2
9	Изучение схем включения люминесцентных светильников	2
10	Изучение конструкций и исследование защитных характеристик УЗО	2
11	Монтаж квартирного щитка и счётчика электрической энергии	2
12	Применение логических контролеров в схемах освещения.	4
13	Составление дефектной ведомости на трансформатор	2
14	Составление перечня работ по ремонту активной части	2
15	Определение условий работы и возможных повреждений	2

	узлов и деталей электродвигателей.	
16	Расчет обмотки статора АД	2
17	Осмотр и дефектация статора двигателя переменного тока	2
<b>Всего:</b>		36

### Практическая работа №1

**Тема:** Оконцевание и опрессовка жил проводов и кабелей

**Цель :** Изучение способов и технологии соединения и оконцевания проводов и кабелей при выполнении электромонтажных работ.

**Оборудование и материалы:** кабель многожильный, провод одножильный диаметром 2,5 мм<sup>2</sup>, гильза, круглогубцы, флюс, припой, канифоль, изолента, наконечник, стальной ерш, электрический паяльник, асбест, ветошь, паяльная мазь

**Теория и пошаговые инструкции:**

**Оконцевание** - это оформление конца токопроводящей жилы для включения в электрическую цепь.

**Опрессовка** – это способ соединения токопроводящих жил проводов и кабелей с помощью гильз или оконцевания жил проводов и кабелей с помощью наконечников. При опрессовке жилу провода или кабеля вводят в трубчатую часть наконечника или специальную гильзу и сжимают матрицей и пуансоном. При этом контактное давление, создаваемое между гильзой и жилой, обеспечивает надежное электрическое соединение

*Оконцевание однопроволочных медных жил 1... 2,5 мм или многопроволочных до 1,5 мм выполняют кольцом или штырем, в зависимости от конструкции зажимов.*

Последовательность технологических операций при монтаже:

- удаление изоляции на длине 10...15 мм для штыря и на длине 30...35 мм для кольца;
- зачистка жилы до металлического блеска;
- уплотнение повива проволочек в жиле;
- сворачивание жилы в кольцо круглогубцами в соответствии с диаметром винта;
- закрепление вокруг жилы;
- покрытие кольца или штыря флюсом;
- погружение в расплавленный припой на 1...2 секунды или облуживание паяльником;
- изоляция липкой лентой оголенной части жилы с перекрытием на 5...10 мм основной изоляции.

*Оконцевание многопроволочных медных и алюминиевых жил площадью сечений 1,5...240 мм<sup>2</sup> выполняют кабельными наконечниками способом опрессовки (таблица 3.2).*

Наконечник подбирают по площади сечения жилы, внутреннюю цилиндрическую часть ее зачищают стальным ершом до металлического блеска и покрывают канифолью. С конца провода на длину цилиндрической части наконечника плюс 10 мм снимают изоляцию, обезжиривают тканью, смоченной в бензине, зачищают до металлического блеска, покрывают канифолью и облуживают. На жилу надевают наконечник, подматывают под его торец 1...3 слоя асбестового шнура для предотвращения вытекания



припоя. Жилу и наконечник при площади сечения провода до 10 мм<sup>2</sup> разогревают паяльником, а при большей – паяльной лампой или пропан-бутановой горелкой до температуры плавления припоя. Припой сплавляют в гильзу. При этом следят, чтобы он проникал между проволочками жилы. Тканью, смоченной паяльной мазью, разглаживают подтеки припоя по поверхности наконечника. После остывания наконечника снимают подмотку асбеста и изолируют окончание

**Таблица 1.** Примеры выполнения оконцевания жил проводов и кабелей кабельными наконечниками способом опрессовки

Поясняющие рисунки	Комментарии
<p data-bbox="363 368 730 448">Оконцевание алюминиевых жил</p> 	<p data-bbox="1073 338 1797 379">Оконцевание алюминиевых жил:</p> <p data-bbox="1073 388 1982 670"><i>I</i> - трубчатыми алюминиевыми наконечниками-ми типов А и ТА;</p> <p data-bbox="1073 679 1982 863"><i>II</i> - трубчатыми медно-алюминиевыми наконечниками типов МА и ТАМ - для присоединения к медным зажимам электрических аппаратов и машин;</p> <p data-bbox="1073 872 1982 1101"><i>III</i> - штифтовыми медно-алюминиевыми кабельными наконечниками типа ШП - для присоединения к аппаратам с медными гнездовыми выводами;</p> <p data-bbox="1073 1110 1982 1190">Применяют как лучший способ оконцевания алюминиевых многопроволочных жил сечением 16...240 мм<sup>2</sup> проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 35 кВ.</p>
<p data-bbox="363 1118 877 1199">Оконцевание медных многопроволочных жил</p> 	<p data-bbox="1073 1118 1982 1406">Оконцевание медных многопроволочных жил кольцевыми кабельными наконечниками (пистонами) типов П и КОМ с помощью пресс-клещей ПК-ЗУ1, в комплект которых входят специальные пуансоны и матрицы.</p> <p data-bbox="1073 1415 1982 1644">Применяют как лучший способ оконцевания медных многопроволочных жил сечением 1,5—2,5 мм<sup>2</sup> проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 1 кВ.</p>
<p data-bbox="520 1653 993 1694">Оконцевание медных жил</p> 	<p data-bbox="1073 1653 1982 1792">Оконцевание медных жил трубчатыми кабельными наконечниками типа МТ с помощью механизмов и пресс-клещей.</p> <p data-bbox="1073 1801 1982 1988">Применяют как лучший способ оконцевания медных жил сечением 4...70 мм<sup>2</sup> проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 35 кВ.</p>

**Соединение и ответвление медных и алюминиевых жил опрессовкой**

Соединение и ответвление проводов с медными многопроволочными жилами площадью сечений 1... 2,5 мм методом опрессовки включает следующие операции:

С концов проводов на длину 20...25 мм удаляют изоляцию, зачищают жилу наждачной или стеклянной бумагой, складывают концами вместе, обертывают двумя-тремя слоями фольги (медной или бронзовой ленты толщиной 0,2 и шириной 18...20 мм) и обжимают один раз клещами ПК-2м с гребенчатым пуансоном и матрицей. Соединение должно быть плотным и без трещин фольги.

**2. Порядок выполнения работы**

1 Выполнить оконцевание медной однопроволочной жилы диаметром до 2,5 мм или многопроволочной жилы диаметром до 1,5 мм следующими способами:

- кольцом с диаметром под винт М5;
- штырем.

2 Выполнить оконцевание многопроволочной медной жилы с помощью штампованных наконечников.

3 Выполнить опрессовку многопроволочных медных жил, используя пресс-клещи ПК-2м с гребенчатым пуансоном и матрицей с помощью медной или латунной фольги.

4 По каждому заданию составляется отдельная таблица, по таблице 2.

**Таблица 2.** Соединение и ответвление медных однопроволочных одножильных проводов пайкой методом двойной скрутки с желобком

.п.	S жилы, мм <sup>2</sup>	Последовательность технологических операций при монтаже	Материалы, инструмент

Выводы по работе.

### Вопросы для самоконтроля

1 Что такое оконцевание жил проводов и кабелей?

2 Перечислить способы оконцевания жил проводов и кабелей при электромонтажных работах.

3 Перечислить достоинства и недостатки соединения, ответвления и оконцевания жил проводов и кабелей методом опрессовки.

4 Как осуществляется контроль качества соединений, полученных методом опрессовки?

5 Какое оборудование и инструмент применяют при опрессовке?

### Практическая работа №2

**Тема:** Выполнение пайки. Выполнение Лужения.

**Цель .** Ознакомиться с технологией пайки оконцевателей и наконечников, гибких проводов.

#### Оборудование, материалы и инструменты:

1. Паяльники.
2. Подставки для паяльников
5. Набор припоев.
6. Набор флюсов (бура, канифоль, и др.)
7. 10%-ный раствор едкого натра.
8. Ацетон.
9. Бензин.
10. Кислота.
11. Вода.
12. Защитные очки.

#### Теория и пошаговые инструкции:

1. Изучить устройство электропаяльника, технологию пайки проводов.
2. Выполнить пайку проводов.
3. Сдать на проверку преподавателю

#### Содержание работы и методика ее выполнения.

Пайка в электромонтажных работах обладает рядом преимуществ по сравнению со сваркой или склеиванием. При пайке в отличие от сварки соединяемые детали не нагреваются до высоких температур, не изменяется их структура, изделия не коробятся, применяемое оборудование доступнее и дешевле сварочного. Соединению пайкой поддаются любые металлы и сплавы. В отличие от склеенных паяные

соединения не боятся ни жары, ни холода, ни влаги, обладают превосходной электропроводностью. Способов пайки известно много. Наиболее распространена пайка паяльником.

Для пайки проводов с медными жилами и электротехнических изделий из меди и ее сплавов пользуются оловянно-свинцовыми припоями ПОС-40, ПОС-50, ПОС-61, имеющими температуру плавления 180—300°C. Для растворения окисных пленок и предохранения металла от окисления применяют флюсы. Известны активные и бескислотные флюсы. Активные флюсы интенсивно растворяют пленки во время пайки, но способствуют окислению металлов в процессе эксплуатации. К активным (или кислотным) флюсам относятся хлористый цинк  $ZnCl_2$  (1 часть цинка и 5 частей 25%-ной соляной кислоты) и нашатырь.

Паянием называют способ соединения друг с другом двух или нескольких металлических, или металлизированных деталей посредством связующего металла или сплава (припоя), температура плавления которого ниже температуры плавления спаиваемых частей.

К преимуществам пайки относятся: незначительный нагрев соединяющихся частей, что сохраняет структуру и механические свойства металла; сохранения размеров и форм детали; прочность соединения.

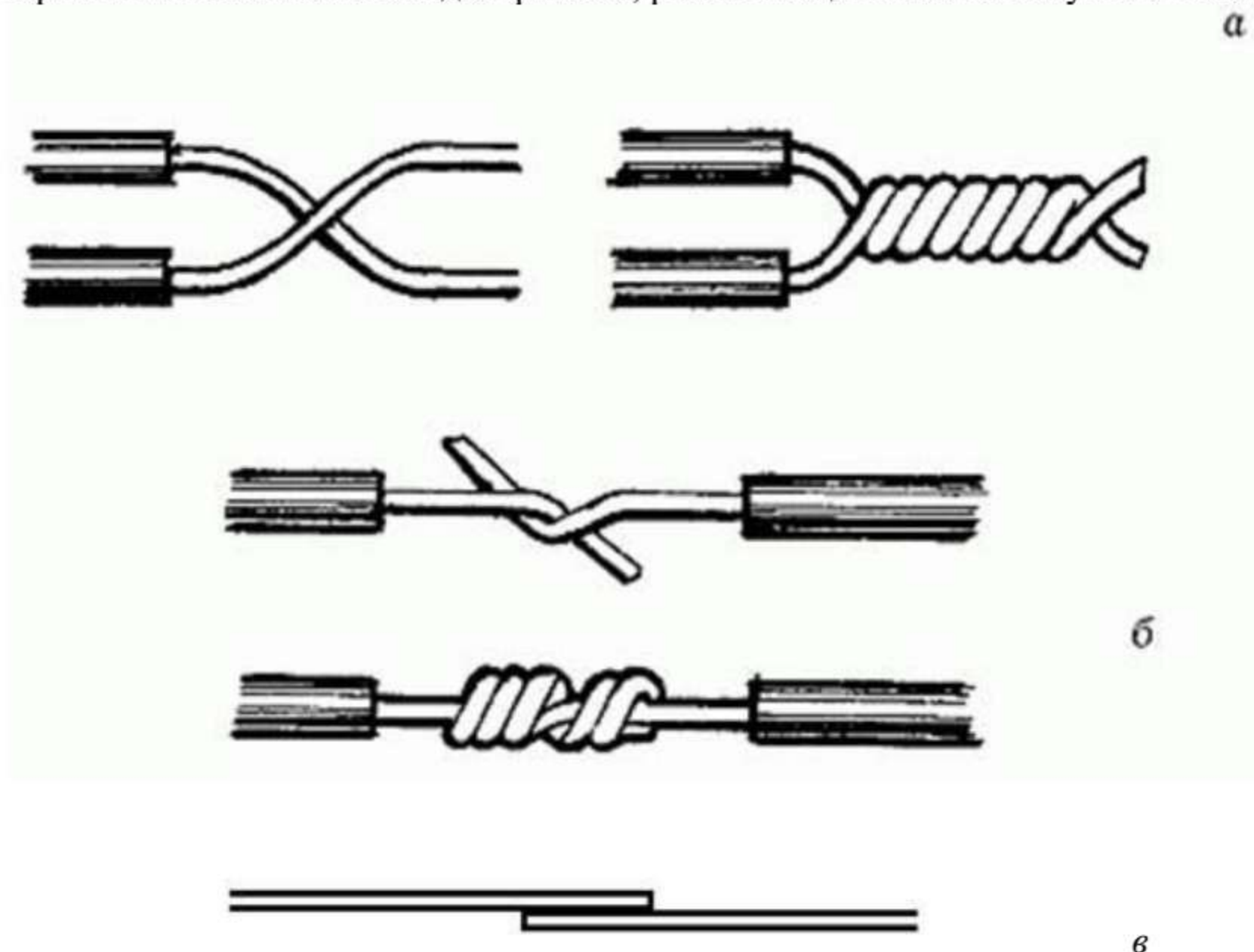
Процесс паяния заключается в следующем. В зазор между нагретыми соединяемыми металлами вводят жидкий расплавленный припой, который при охлаждении затвердевает и прочно соединяет спаиваемые части.

### Способы удаления окисной пленки

Прочность паянного соединения зависит от взаимодействия основного металла с расплавом припоя. При пайке существенное значение имеют смачиваемость основного металла жидким припоем, их взаимная растворимость и диффузия. Поэтому соприкасающиеся поверхности перед спаиванием очищают от грязи, жира и окисной пленки. Чтобы удалить окисную пленку, образующуюся при паянии на металле, и создать необходимые условия для смачивания металла припоем, применяют специальные химические вещества, называемые флюсами, а также газовые среды и физико-механические способы.

Флюсовая пайка является наиболее распространенным процессом. Флюс не только удаляет окисную пленку, но и защищает металл от окисления.

Применяется несколько видов флюсов, различающиеся по составу и по своим кислотным свойствам.



. Способы соединения проводов. а) Соединение вертикальной скруткой. б) Соединение скруткой. в) Соединение внахлест.

Оконцевание гибких проводов сечением до 2,5 мм<sup>2</sup> выполняют без наконечников при помощи пайки. Для подсоединения к патронам, выключателям, розеткам шнуровых проводов их концы зачищают, скручивают петлей по шаблону (диаметр стержня-шаблона берут на 0,5 мм больше диаметра винта) и пропаивают.

Работу необходимо выполнять в такой последовательности. С концов провода ножом или клещами КСИ-1 снять изоляцию. Место соединения провода и наконечника зачистить ножом и напильником до блеска. На провод поверх изоляции надеть две трубки ПВХ длиной 50 мм. Наконечники обжать плоскогубцами и опрессовать молотком. При этом не следует скручивать между собой отдельные проволочки жилы. Выступающие за трубку наконечника проволочки жилы обрезать ножом, оставив 3—5 мм для пайки. Нагреть паяльник до температуры 300—350°С в форсированном режиме (2—3 мин.). Конiec паяльника нужно очистить от окалины ножом или припоя по наконечнику и зафиксировать изделие в неподвижном положении до охлаждения. Высококачественная пайка имеет однородную структуру и ровный монолитный шов. После застывания припоя на горячие наконечники напрессовать полихлорвиниловые трубки. Брак при пайке бывает, если паяльник не прогрет. Недостаточный нагрев затрудняет плавление припоя, и получается плохое качество соединения. При этом плавится лишь внешний слой припоя, образуются заметные неровности шва, изделие не спаяно, а «приморожено», соединение непрочное. Работа необлуженным паяльником не обеспечивает смачивания изделия, расплавленным припоем. Не зачищенные детали не облуживаются.

Перегрев паяльника и детали ведет к быстрому окислению жала, поверхности изделия, припоя и затрудняет пайку. Качество работы определяют по внешнему виду шва. Сомнительные паяные соединения подвергают переделке.

**Работу следует оценивать по пятибалльной системе.**

**Содержание отчета.**

- Нарисовать изготовленные в лаборатории провода.
- К отчету приложить готовые изделия -5 проводников, пригодных для использования в практических работах.

**Контрольные вопросы.**

1. Каковы преимущества и недостатки пайки перед сварными и клееными соединениями?
2. Каково назначение флюсов при пайке?
3. Почему при контактной пайке используют припои, содержащие олово и свинец, а не чистые металлы?
4. Как расшифровать марку припоя ПОС-40?
5. Как залудить паяльник?

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Покровский Б.С. «Основы слесарного дела» § 37, 38, 39.
2. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. «Технология электромонтажных работ». Москва 2000 § 22

### Практическая работа №3

**Тема:** Монтаж электропроводок в трубах

**Цель:** Ознакомиться с материалами и инструментом для монтажа электропроводок. Изучить технологию монтажа электропроводок в трубах. Научиться выполнять замеры, составлять эскизы и заявки на электропроводки.

## **Теория и пошаговые инструкции:**

1. Изучить технологию монтажа электропроводок в трубах, образцы материалов и инструмента для их монтажа.
2. Собрать трубопровод из элементов заготовок и затянуть провода.
3. Измерить сопротивление изоляции электропроводок и проверить непрерывность цепи зануления.
4. Под руководством преподавателя подключить проводки к электроприемнику и сети, проверить их работу.

## **Общие сведения**

Электропроводки в трубах выполняют с целью их защиты от механических повреждений или от воздействия окружающей среды (например, сырость, взрывоопасные смеси, химически активные газы).

Для электропроводок применяют: стальные обыкновенные водопроводные трубы; стальные легкие (тонкостенные) водопроводные трубы; полиэтиленовые и полипропиленовые трубы; винилпластовые трубы; металлические глухие стальные короба; металлические гибкие рукава, гибкие гофрированные трубы и гибкие армированные трубы .

Правилами устройства электроустановок установлены ограничения на применение труб:

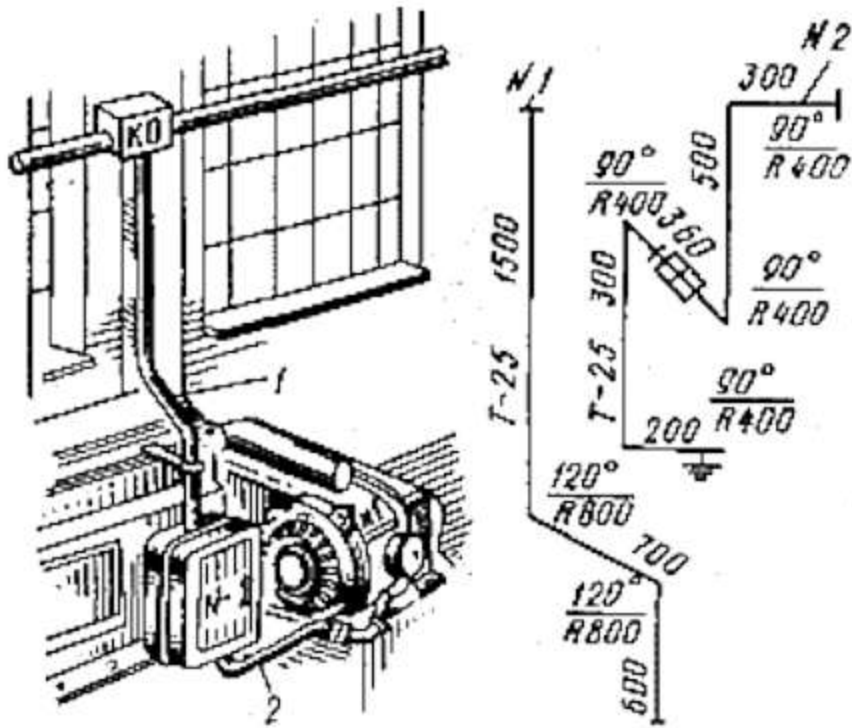
- обыкновенные водопроводные трубы рекомендуют только для электропроводок в наружных установках, помещениях со взрывоопасной или химически активной средой; во всяких других помещениях – только как исключение, при наличии экономических обоснований;
- запрещено применение: стальных тонкостенных труб и коробов (с толщиной стенок 2 мм и меньше) в сырых, особо сырых помещениях и в наружных установках;
- неметаллических труб во взрывоопасных помещениях, а при открытой прокладке в зрелищных предприятиях, клубах, детских и лечебных учреждениях и на чердаках;
- полиэтиленовых и полипропиленовых в перечисленных выше помещениях для открытой и скрытой прокладки;
- полипропиленовых труб для прокладки в животноводческих помещениях.

**Заготовка трубопроводов для электропроводок.** Заготовку ведут в мастерских на участках энергетической службы хозяйства по предварительным замерам. Материал и диаметр труб должен соответствовать проекту. Замеры и эскизы электропроводок в трубах выполняют специально обученные лица или инженерно-технические работники. Трубы очищают и окрашивают внутри и снаружи. Изгибы труб выполняют с нормализованными радиусами и углами.

**Разметка трубных трасс и составление эскизов на заготовку.** Трассы размечают в соответствии с их расположением на чертежах. Сначала отмечают расположение концов труб, подходящих к щитам, электроприемникам, аппаратам управления. Затем размечают трассы электропроводок, места установки коробов, углы поворотов, точки крепления.

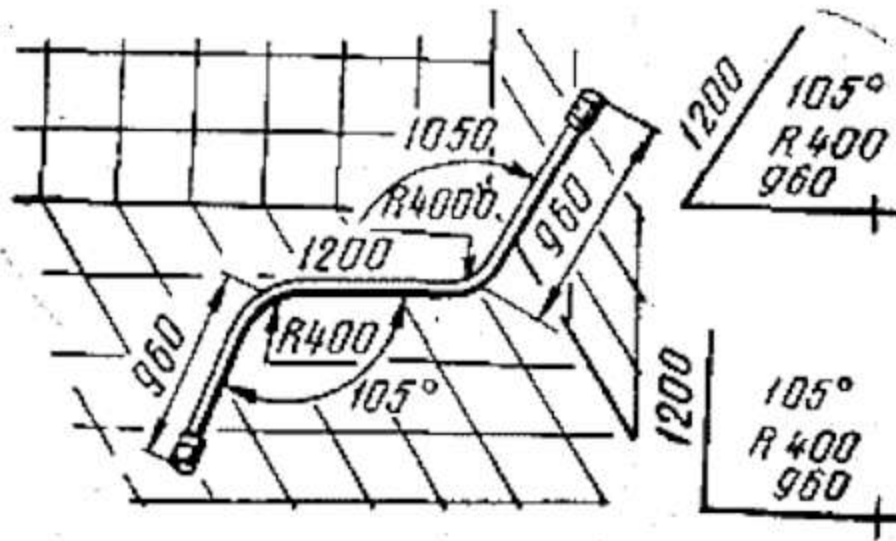
**Заготовка элементов трубопроводов.** Стальные трубы сначала осматривают, отбраковывают мятые, выправляют гнутые; очищают от грязи, ржавчины металлической щеткой; внутри очищают электросверлилкой с ершиком на гибком валу; окрашивают внутри и снаружи краскопультом или покрывают битумным лаком.

Затем трубы размечают и режут ножовкой или абразивным кругом на маятниковой пиле; накатывают или нарезают резьбу (не менее пяти полных ниток) резьбонакатным патроном; снимают заусенцы в торцах райбером или напильником; изгибают ручным или механическим трубогибом, например ТРТ-24 (рис. 4.2), придерживаясь стандартных углов изгиба – 90°, 105°, 120°, 135°, 150° и радиусов изгиба – 800 мм и 400 мм; готовые элементы укомплектовывают коробками, муфтами, гайками, собирают в блоки, маркируют и отправляют на место монтажа.



Пример выполнения замерочного эскиза для трубной заготовки на ответвление к электродвигателю: 1 – участок от коробки ответвления до пускателя магнитного; 2 – участок от пускателя до электродвигателя

Эскиз элемента	Условное обозначение	Наименования и пояснения
	$T-20 \ 1620$ 	Отрезки стальных труб без резьбы: 1 - труба диаметром 20 мм длиной 1620 мм; 2 - труба с фланжком для болта зануления
		Труба оканчивается короткой резьбой: полусгон – 0,5 длины муфты; труба оканчивается длинной резьбой: сгон для муфты и контргайки
		Трубы соединены муфтой на полусгонах; то же муфтой на сgone и полусgone
		Коробка ответвительная с присоединением труб к корпусу: 1 - патрубок с заземляющими царпающими гайками; 2 - муфта приварена к коробке; 3 - ввод трубы с полусгоном в коробку



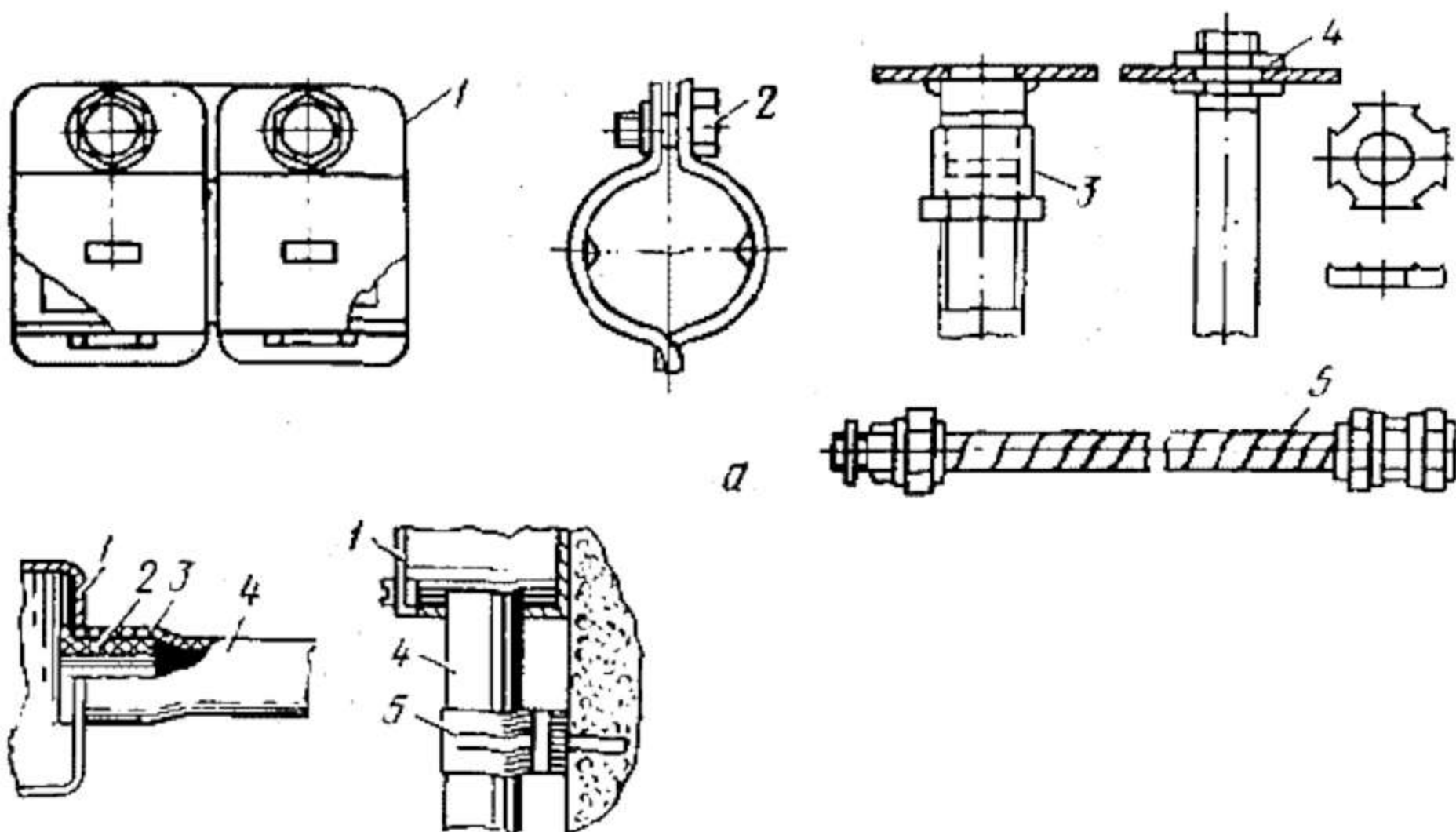
Труба изогнута в горизонтальной плоскости под углом  $105^\circ$  с радиусом 400 мм (условное обозначение – острый угол). Труба изогнута в вертикальной плоскости (условное обозначение – прямой угол)

**Монтаж труб и электрических проводов.** Электропроводки в трубах должны монтироваться с учетом условий окружающей среды. Трубы укладывают с уклоном (не нормируется), чтобы не собиралась конденсирующаяся влага. Соединение труб во взрывоопасных и пожароопасных зонах, в наружных установках, во влажных, сырых и особо сырых помещениях, а также при скрытой прокладке выполняют только на резьбе с уплотнением лентой ФУМ или паклей с суриком.

Приваривать трубы электропроводок к конструкциям или оборудованию запрещено. Число и площадь сечения проводов в трубах определяют по проекту. Выполнять сварочные работы на трубах с проводами запрещено.

Все металлические элементы должны быть защищены от коррозии. Металлические части электропроводок в трубах зануляют или заземляют.

Соединение и присоединение труб. Для соединения труб в сухих, влажных, пыльных помещениях кроме муфт на резьбе применяют муфты ТР. Соединение труб с корпусами электроприемников выполняют сгоном муфты с трубы на приваренный патрубок или двумя заземляющими гайками). При соединении трубопроводов используют трубный ключ. Для гибкого подвода проводов, например к вибрирующему оборудованию, используют гибкие вводы из покрытого пластиком отрезка металлорукава. На концах труб для защиты изоляции проводов устанавливают разъемные или неразъемные пластмассовые втулки.



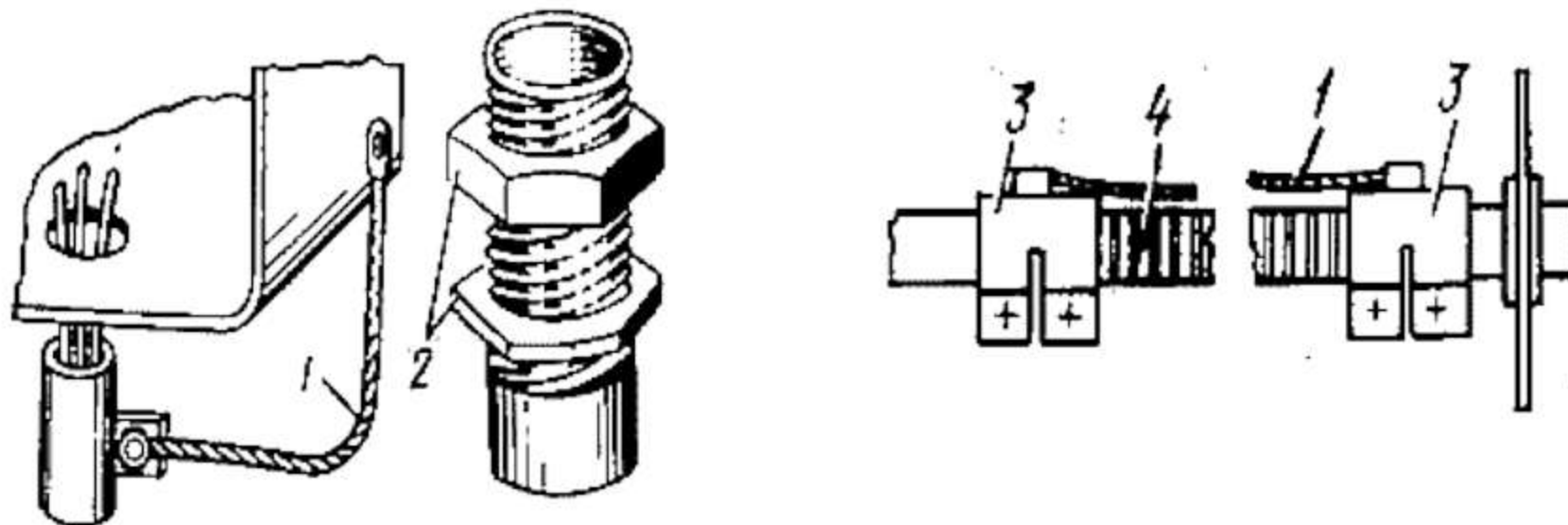
присоединение труб:

. Соединение и

а - стальных: 1 - муфта типа ТР; 2 - болт с гайкой; 3 - сток; 4 - заземляющие гайки; 5 - гибкий ввод;  
 б - пластмассовых: 1 - коробка; 2 - втулка; 3 - раструб; 4 - труба; 5 - скоба; 6 - компенсатор



Пластмассовые трубы присоединяют к коробке при помощи пластмассовой втулки и раструба, или свободно вводят в корпус и крепят скользящей пластмассовой скобой. Винипластовые трубы при колебаниях температуры изменяют свою длину (до  $\pm 1$  мм на  $10^\circ\text{C}$  на 1 м трубы). Для компенсации температурного удлинения труб устанавливают сальниковый компенсатор в виде отрезка винипластовой трубы, закрепленной в скобе.

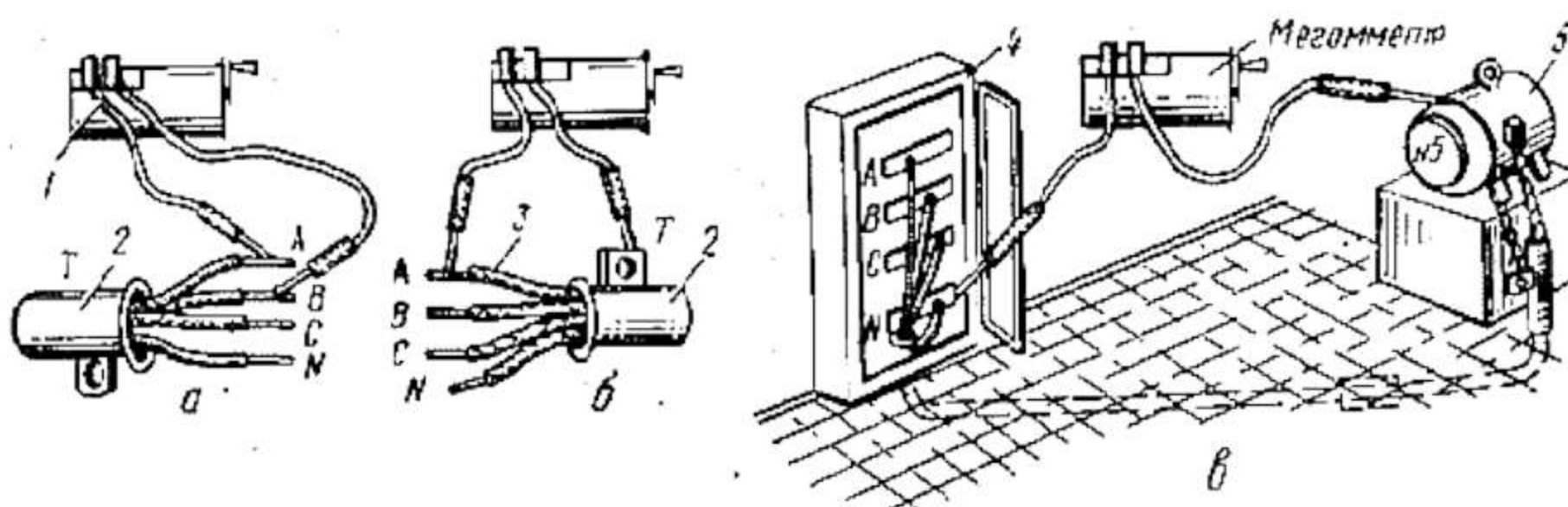


Зануление (заземление) труб:

1 - гибкая перемычка; 2 - заземляющие гайки; 3 - муфта типа ТР; 4 - металлорукав

Проверке подлежат: надежность креплений, соединения, наличие зануления, соединения проводов в коробках и с оборудованием.

У электропроводок в трубах испытывают: сопротивление изоляции проводов между собой и между каждым проводом и землей (трубой), норма не менее 0,5 МОм; непрерывность цепи зануления между корпусом электроприемника и нулевой шиной вводного щита. Испытания проводят мегомметром на 1000 В в последовательности, показанной на рисунке 3.6 (а, б, в).



. Измерение

сопротивления изоляции трубных электропроводок:

а – между проводами; б – между каждым проводом и трубой; в – проверка непрерывности цепи зануления электродвигателя: 1 - мегомметр; 2 - труба; 3 - провод; 4 - шкаф; 5 - электродвигатель

### Порядок выполнения работы

1. Вычертите эскиз электропроводки и составьте указания по монтажу.
2. Вычертите замерочные эскизы и составьте трубозаготовительную ведомость - заявку на материалы и инструменты.
3. Вычертите эскиз трубной электропроводки указанной преподавателем электроустановки.
4. Составьте протокол измерений сопротивления изоляции электропроводок и непрерывности цепи зануления для испытания указанной электроустановки.

**До начала измерения изоляции в вводно-распределительных устройствах, щитах, шкафах проверьте, на какое испытательное напряжение рассчитана изоляция проводов и аппаратов; отключите коммутационный аппарат на вводе (автоматический выключатель, рубильник); снимите предохранители (если они имеются).**

Сопротивление изоляции жил кабелей, проводов, обмоток измеряют по отношению к корпусам аппаратов и шкафов; между фазами в пределах одной цепи; между цепями, электрически не связанными одна с другой, например между первичными и вторичными цепями.

Если сопротивление изоляции ниже 0,5 МОм, то участок с пониженной изоляцией разбивают на более мелкие элементы (отдельные проводники, обмотки и т. п.) и поочередно проверяют их сопротивление. Данные измерений занесите в протокол.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Эскиз варианта электропроводки, трубнозаготовительная ведомость-заявка.
3. Эскиз трубной электропроводки электроустановки, указанной преподавателем.
4. Протокол измерений сопротивления изоляции электропроводок и непрерывности цепи зануления.

Контрольные вопросы

1. Назовите область применения стальных и пластмассовых труб для электропроводок.
2. Назовите порядок составления замерочных эскизов.
3. Какова последовательность заготовки трубных электропроводок?
4. Укажите стандартные углы изгиба стальных труб.
5. Расскажите технологию изгибания стальной трубы ручным трубогибом ТРТ-24.
6. Укажите основные преимущества монтажа электропроводки в трубах ДКС.
7. Как соединить гладкую жесткую трубу из самозатухающего ПВХ-пластиката с гибкой армированной трубой?
8. Как затягивают провода в трубы?
9. Как осуществляют зануление труб?
10. Как проверяют и испытывают трубные электропроводки?

## Практическая работа №4

**Тема:** Изучение конструкции магнитных пускателей

**Цель:** Ознакомиться с конструкцией и принципом действия магнитных пускателей.

**Теория и пошаговые инструкции:**

Магнитным пускателем называется электрический аппарат, предназначенный, как правило, для дистанционного пуска и остановки трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. При наличии тепловых реле пускатели служат также для защиты электродвигателей от перегрузок при недопустимой их величине и продолжительности.

Магнитные пускатели выбирают в зависимости от условий окружающей среды и схемы управления по:

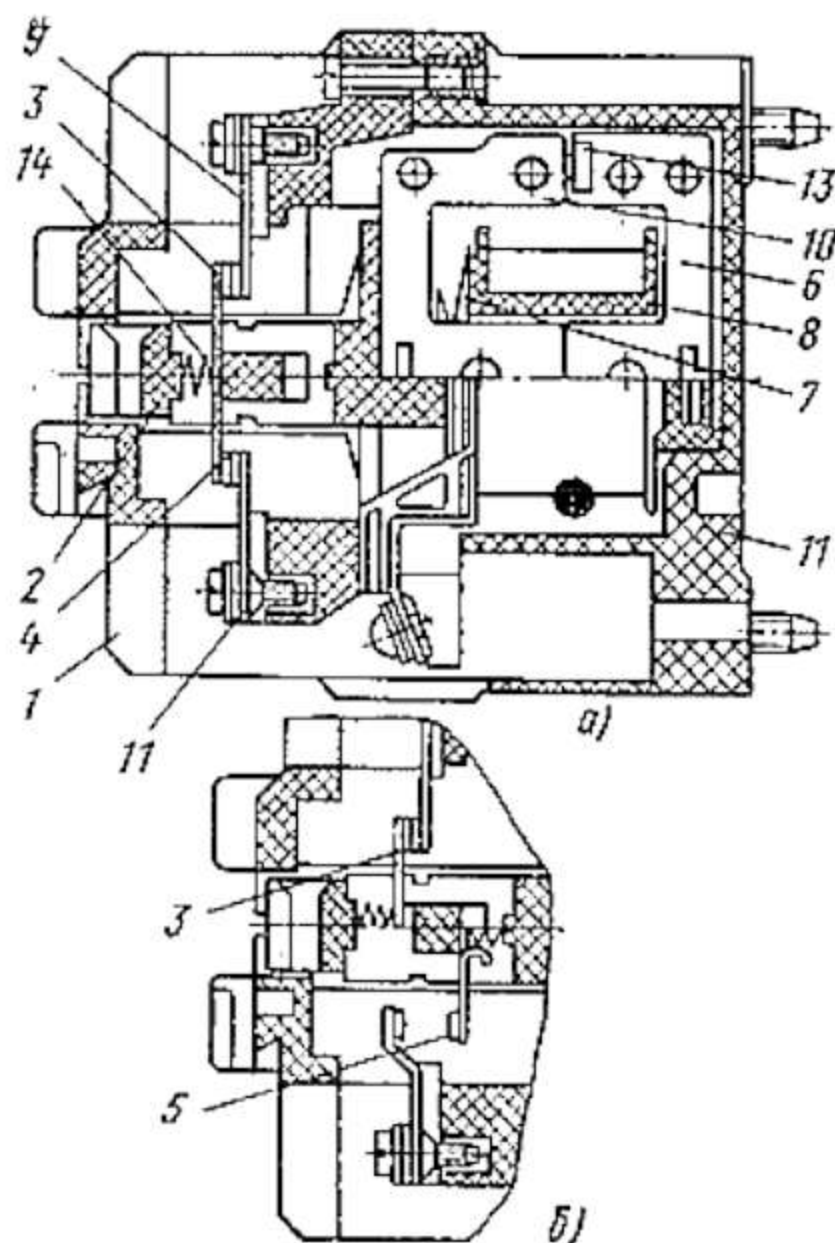
- номинальному напряжению;
- номинальному току;
- току нагревательного элемента теплового реле;
- напряжению втягивающей катушки.

**Пускатели электромагнитные** серии ПМЛ на номинальный ток 10 А имеют мостиковую контактную систему с металлокерамическими контактами 4, расположенными в дугогасительном устройстве (ДУ) 1. Электромагнит 10 расположен на неподвижной части Ш-образного магнитопровода 6 и воздействует на якорь (подвижную часть магнитопровода). Контактное нажатие создается пружиной 14, упирающейся в траверсу 2. Возвратная пружина 7 расположена внутри электромагнита. На его среднем стержне размещена катушка 8. При подаче напряжения на катушку по ней протекает ток, создается магнитодвижущая сила, и на якорь действует сила тяги, которая зависит от величины зазора между неподвижной и подвижной частями магнитопровода. Изменение силы во времени отрицательно сказывается на работе электромагнита: подвижная часть магнитопровода непрерывно вибрирует, нарушая работу контактов. Для устранения вибраций используется короткозамкнутый виток 13, расположенный на неподвижной части магнитопровода 6. В этом витке под действием первичного магнитного потока индуцируется ток витка, который изменяет общий поток части сердечника, охваченной витком, несколько сдвигая его во времени по отношению к основному потоку магнитопровода. Суммарный поток сглаживается, благодаря чему вибрации уменьшаются.

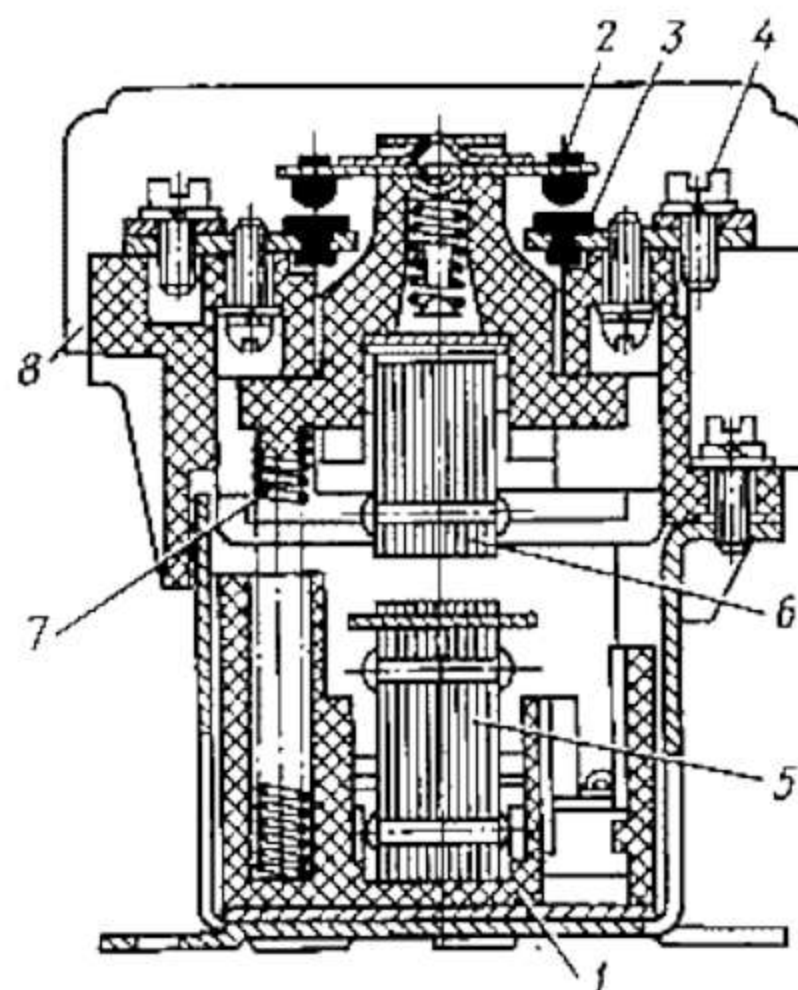
При  $I_{ном} > 10$  А ДУ выполняется в виде дугогасительной решетки на каждом разрыве. В системе вспомогательных контактов можно установить до четырех дополнительных контактов 5 (рис. 9.1, б). Детали пускателя прикреплены на основании 11. В корпусе пускателя устанавливается тепловое трехфазное реле типа РТЛ, позволяющее регулировать ток срабатывания.

**Основные элементы магнитного пускателя ПМЕ** (рис. 9.2) – электромагнитная система 5 и 6, главные замыкающие контакты 2 и 3, блок-контакты и дугогасительная камера 8 [3, 7]. Электромагнитная система представляет собой разъемный магнитопровод, на среднем корне которого размещена катушка. Для уменьшения нагрева, вызываемого вихревыми токами, магнитопровод набран из отдельных пластин электротехнической стали.

Неподвижную часть магнитопровода 5 называют также сердечником, подвижную часть 6 – якорем. Якорь механически соединен с контактами 2. При включении электрический ток проходит по катушке, создает магнитное поле, которое притягивает якорь к сердечнику 5, и тем самым замыкает контакты 2 и 3 пускателя; при отключении якорь под действием возвратных пружин 7 (а в некоторых магнитных пускателях под действием собственного веса) отходит от сердечника, и контакты размыкаются.



Магнитный пускатель серии ПМЛ



Магнитный пускатель серии ПМЕ

### Структура условного обозначения ПМЛ-Х<sub>1</sub>Х<sub>2</sub>Х<sub>3</sub>Х<sub>4</sub>Х<sub>5</sub>Х<sub>6</sub>Х<sub>7</sub>Х<sub>8</sub>

ПМЛ – серия;

Х<sub>1</sub> – величина пускателя по номинальному току (1 – 10 А; 2 – 25 А; 3 – 40 А; 4 – 63 А; 5 – 80 А; 6 – 125 А; 7 – 200 А);

Х<sub>2</sub> – исполнение по назначению и наличию теплового реле:

1 – нереверсивный пускатель без теплового реле;

2 – нереверсивный пускатель с тепловым реле;

5 – реверсивный пускатель без теплового реле с электрической и механической блокировками;

6 – реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками;

7 – пускатель звезда-треугольник;

Х<sub>3</sub> – исполнение пускателей по степени защиты (ГОСТ 14254- 80) и наличию кнопок (IP00 – защита отсутствует; IP54 – защита от пыли и брызг):

0 – IP00 без кнопок;

1 – IP54 без кнопок;

2 – IP54 с кнопками "Пуск" и "Стоп";

3 – IP54 с кнопками "Пуск" и "Стоп", сигнальной лампой;

$X_4$  – число контактов вспомогательной цепи ( $z$  – замыкающий,  $p$  – размыкающий):

0 –  $1z$  (на 10...25 А),  $1z+1p$  (на 40...63 и 80...200 А), переменный ток;

1 –  $1p$  (на 10...25 А),  $2z+2p$  (на 80...200 А), переменный ток;

2 –  $3z+3p$  (на 80...200 А), переменный ток;

3 –  $3z+1p$  (на 80...200 А), переменный ток;

4 –  $5z+1p$  (на 80...200 А), переменный ток;

5 –  $1z$  (на 10...25 А), постоянный ток;

6 –  $1p$  (на 10...25 А), постоянный ток;

$X_5$  – сейсмостойкое исполнение пускателей;

$X_6X_7$  – климатическое исполнение (О – для районов с умеренным либо сухим тропическим климатом, ТВ – для районов с тропическим влажным климатом) и категория размещения (2 – под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе; 4 – в помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70;

$X_8$  – исполнение по износостойкости (А – более 400 циклов в сутки, Б – от 120 до 400 циклов в сутки, В – менее 120 циклов в сутки).

Пример расшифровки обозначения пускателя ПМЛ-2511 О2 В: пускатель второй величины (на ток 25 А); реверсивный без тепловой защиты; исполнение IP54 без кнопок; число контактов -  $1p$ ; климатическое исполнение О; категория размещения 2 (под навесом); 120 циклов в сутки.

Пускатели ПМЛ выпускаются на номинальное напряжение втягивающих катушек 24; 36; 42; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 500 и 600 В частоты 50 Гц переменного тока и 24; 48; 60; 110 и 220 В постоянного тока.

В комплект пускателя могут входить: реле промежуточное серии РПЛ, приставка контактная серии ПКЛ, пневматическая приставка выдержки времени серии ПВЛ и приставка памяти серии ППЛ, которые применяют в схемах управления при напряжениях до 660 В переменного и 440 В постоянного тока.

Приставки контактные ПКЛ и пневматические ПВЛ предназначены для установки на реле РПЛ, а также на контакторах серии ПМЛ 1...4 величины; приставки памяти ППЛ – только для установки на реле РПЛ.

Приставка контактная ПКЛ- $X_1X_2O4$  действует от контактора. Это блок, состоящий из дугогасительной системы, неподвижных контактов и траверсы с подвижными контактами. Поставляют для пускателей открытого исполнения на токи 10...63 А.

Структура условного обозначения ПКЛ- $X_1X_2O4$ :

$X_1$  – число замыкающих контактов (0; 1; 2; 4);

$X_2$  – число размыкающих контактов (0; 1; 2; 4);

O4 – климатическое исполнение и категория размещения.

**Реле электротепловые** токовые серии РТЛ **предназначены для защиты асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от токов перегрузки** недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз [7].

Структура условного обозначения РТЛ-Х<sub>1</sub>Х<sub>2</sub>Х<sub>3</sub>Х<sub>4</sub>-Х<sub>4</sub>С:

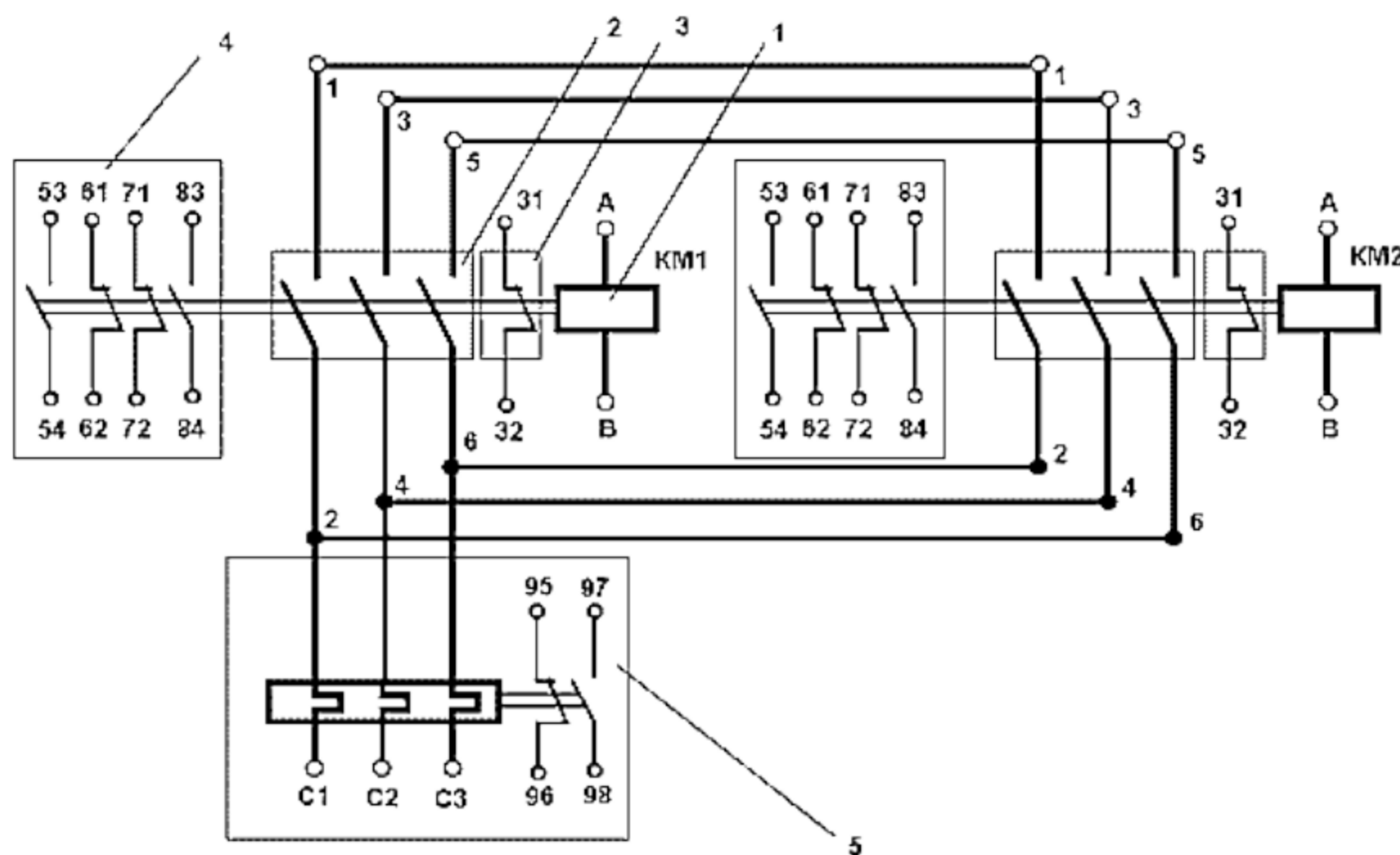
РТЛ – серия;

Х<sub>1</sub> – исполнение по номинальному току реле (1 – на 25 А; 2 – на 80 А; 3 – на 200 А);

Х<sub>2</sub>Х<sub>3</sub>Х<sub>4</sub> – цифры, условно обозначающие диапазон регулирования номинального тока несрабатывания;

Х<sub>4</sub> – климатическое исполнение;

С – обозначает наличие 1р контакта, отсутствие буквы С – наличие 1р и 1з контактов.



Монтажная схема реверсивного магнитного пускателя ПМЛ-2601 О4:

1 - катушка, 2 - главные замыкающие контакты, 3 - размыкающий блок-контакт; 4 - приставка ПКЛ-2204; 5 - тепловое реле РТЛ-1012

Технические характеристики магнитных пускателей серий ПМЕ, ПМА и ПАЕ включают следующие параметры:

- номинальное напряжение силовой цепи (380, 500, 660 В);
- номинальный ток коммутации или мощность управляемого электродвигателя через главные силовые контакты (для пускателя 0 величины 3 А или 1.1 кВт при  $U_n=380$  В; для I – 10 А или 4 кВт; для II – до 25 А или 10 кВт; для III – до 40 А или 17 кВт; для IV – до 63 А или 30 кВт; для V – до 110 А или 55 кВт; для VI величины до 146 А или 75 кВт; для VII величины – до 200 А или 110 кВт).

Для защиты электродвигателя от токов перегрузки в электромагнитные пускатели встраивают тепловые реле ТРП и ТРН.

Условное обозначение магнитного пускателя складывается из букв ПМЕ, ПАЕ, ПМА, означающих пускатель магнитный и его серию, и трех цифр:

- первая цифра указывает величину пускателя (0 – нулевая; 1 – первая; 2 – вторая и т.д.);
- вторая – исполнение по защите от воздействия среды и числу контактов (1 – открытое с 4з; 2 – защищенное с 4з; 3 – пылеводонепроницаемое с 4з; 4 – открытое с 4з и 2р; 5 – защищенное с 4з и 2р; 6 – пылеводонепроницаемое с 4з и 2р; 7 – открытое с 4з и 4р; 8 – защищенное с 4з и 4р; 9 – пылеводонепроницаемое с 4з и 4р);
- третья – характер вращения вала электродвигателя и наличие тепловых реле (1 – нереверсивный без реле; 2 – нереверсивный с тепловым реле; 3 – реверсивный без реле; 4 – реверсивный с реле).

В некоторых типах имеется четвертая цифра, обозначающая номинальное напряжение катушки пускателя и число дополнительных контактов.

Пример обозначения: ПА 514, где ПА – серия; 5 – величина пускателя; 1 – открытое исполнение; 4 – реверсивный с тепловой защитой.

**Магнитные пускатели устанавливают на силовых распределительных сборках, на распределительных щитах** или отдельно на конструкциях, прикрепляемых к стенам, колоннам и т.п. . Магнитные пускатели устанавливают вертикально отвесу. При этом отклонения по вертикали допускаются не более 5°. Поверхность контактов пускателя осматривают после опробования его под нагрузкой и в случае появления на ней наплывов обрабатывают напильником. Смазывать контакты пускателей не допускается.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Монтажная схема магнитного пускателя ПМЛ-2501 О4.

### **Контрольные вопросы**

1. Расшифруйте магнитный пускатель ПМЛ-1631О4А.
2. Что может входить в комплект пускателя ПМЛ?
3. Расшифруйте приставку ПКЛ11О4.
4. Как устроен магнитный пускатель ПМЛ?
5. Как устроен магнитный пускатель ПМЕ?
6. Из каких частей состоит реверсивный магнитный пускатель с тепловым реле?

## **Практическая работа №5**

**Тема:** Монтаж схемы пуска АД

**Цель:** Изучить схемы включения нереверсивного магнитного пускателя. Получить практические навыки монтажа схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитно пускателя.

### Студент должен знать:

- названия элементов схемы.
- условные обозначения элементов и их функции

### Студент должен уметь:

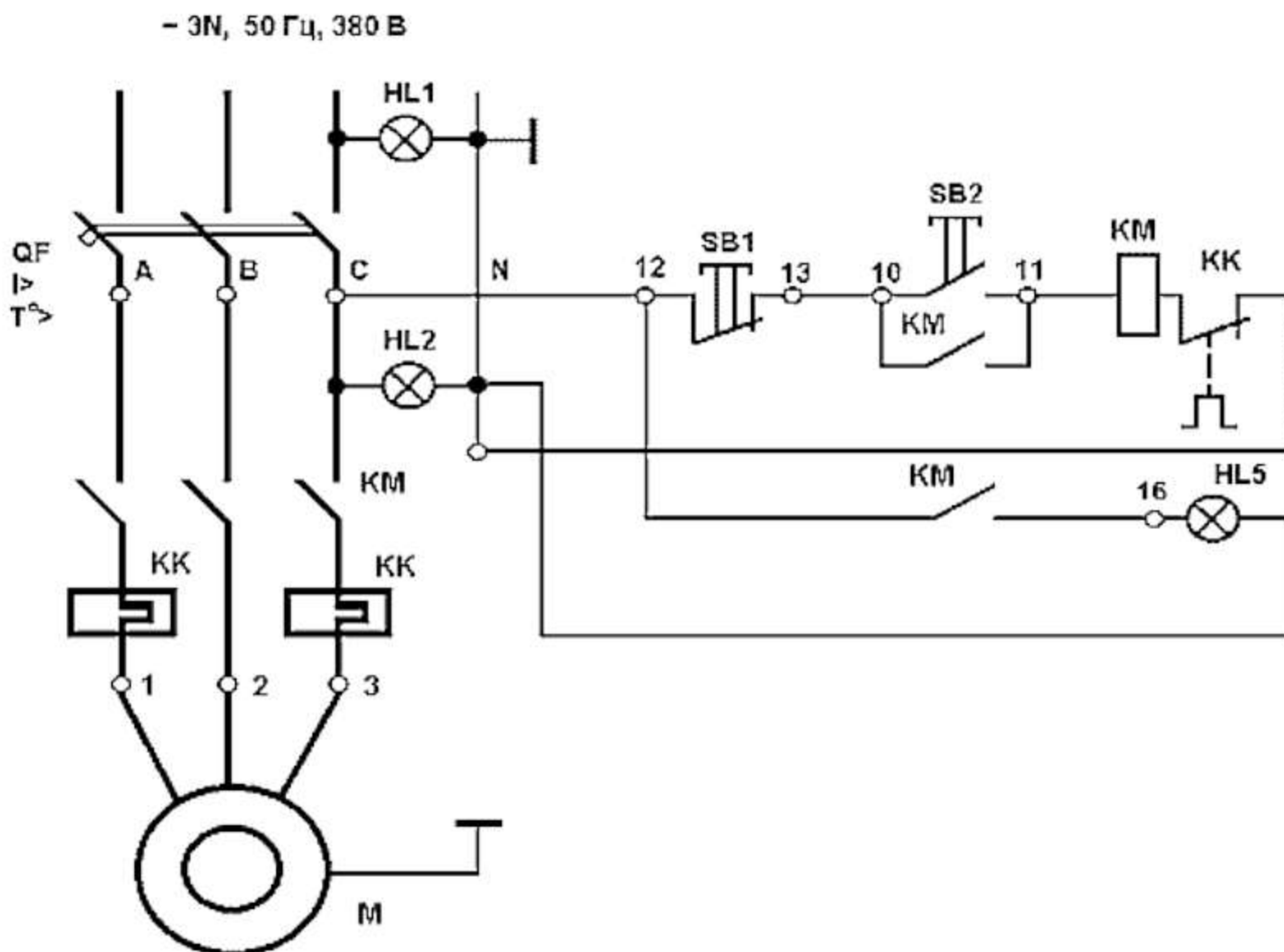
- пользоваться электромонтажным инструментом.
- уметь читать и понимать электрические принципиальные схемы.

### Теория и пошаговые инструкции:

#### Задание к работе

1. Изучить схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя.
2. Произвести монтаж схем включения нереверсивного магнитного пускателя.
3. Осуществить управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя

**Управление** трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором **с помощью нереверсивного магнитного пускателя** осуществляется с помощью кнопок "Стоп" и "Пуск" - SB1 и SB2 соответственно .



. Принципиальная

электрическая схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя

Подачей коммутационным аппаратом из распределительного щита (автоматическим выключателем, рубильником) напряжения на клеммы А, В, С трехполюсного автоматического выключателя QF (светится красная сигнальная лампа HL1) осуществляется подготовка к работе схемы. После включения



автоматического выключателя (светится зеленая сигнальная лампа HL2), напряжение подается на его клеммы A1, B1 и C1 и на главные замыкающие контакты магнитного пускателя КМ.

Катушка пускателя КМ подключается к сети через контакты теплового реле и кнопок управления "Пуск" и "Стоп". При нажатии кнопки "Пуск" SB2 напряжение 220 В на катушку магнитного пускателя КМ подается через замкнутые контакты кнопки "Стоп" и замкнутые контакты теплового реле КК.

Электрический ток проходит по катушке КМ, создает магнитное поле, которое притягивает якорь к сердечнику, и тем самым замыкает главные и вспомогательные контакты пускателя КМ, шунтирующие замыкающие контакты кнопки "Пуск" SB2, которую после этого можно отпустить. Напряжение подается на обмотки электродвигателя М и осуществляется его пуск, о чем сигнализирует лампа HL5.

Для отключения двигателя нажимается кнопка "Стоп" SB1, катушка теряет питание, после чего якорь под действием возвратных пружин отходит от сердечника, и контакты размыкаются.

При токовой перегрузке двигателя на нагревательных элементах теплового реле КК выделяется дополнительная тепловая энергия, которая приводит к срабатыванию размыкающего контакта теплового реле КК и цепь катушки КМ размыкается.

### **Порядок выполнения работы**

1. Используя магнитные пускатели, изучите их конструкцию.
2. Изучите схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя. Прежде чем начать собирать электрическую схему согласно, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель QF.
3. Убедитесь в целостности оборудования и соединительных проводов.
4. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими контактами согласно рабочей схеме
5. После проверки преподавателем схемы, осуществите управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя, как описано выше.

Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.

После успешного пуска и остановки электродвигателя - отключите автоматический выключатель QF.

При возникновении аварийных ситуаций: гудении электродвигателя (например, при не полнофазном режиме работы), появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Описание работы схемы.
3. Принципиальная электрическая схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя.

## Практическая работа №6

**Тема:** Монтаж схемы пуска и реверса АД

**Цель:** Изучить схемы включения реверсивного магнитного пускателя. Получить практические навыки монтажа схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью магнитно пускателя.

**Студент должен знать**

- названия элементов схемы.
- условные обозначения элементов и их функции

**Студент должен уметь:**

- пользоваться электромонтажным инструментом.
- уметь читать и понимать электрические принципиальные схемы.

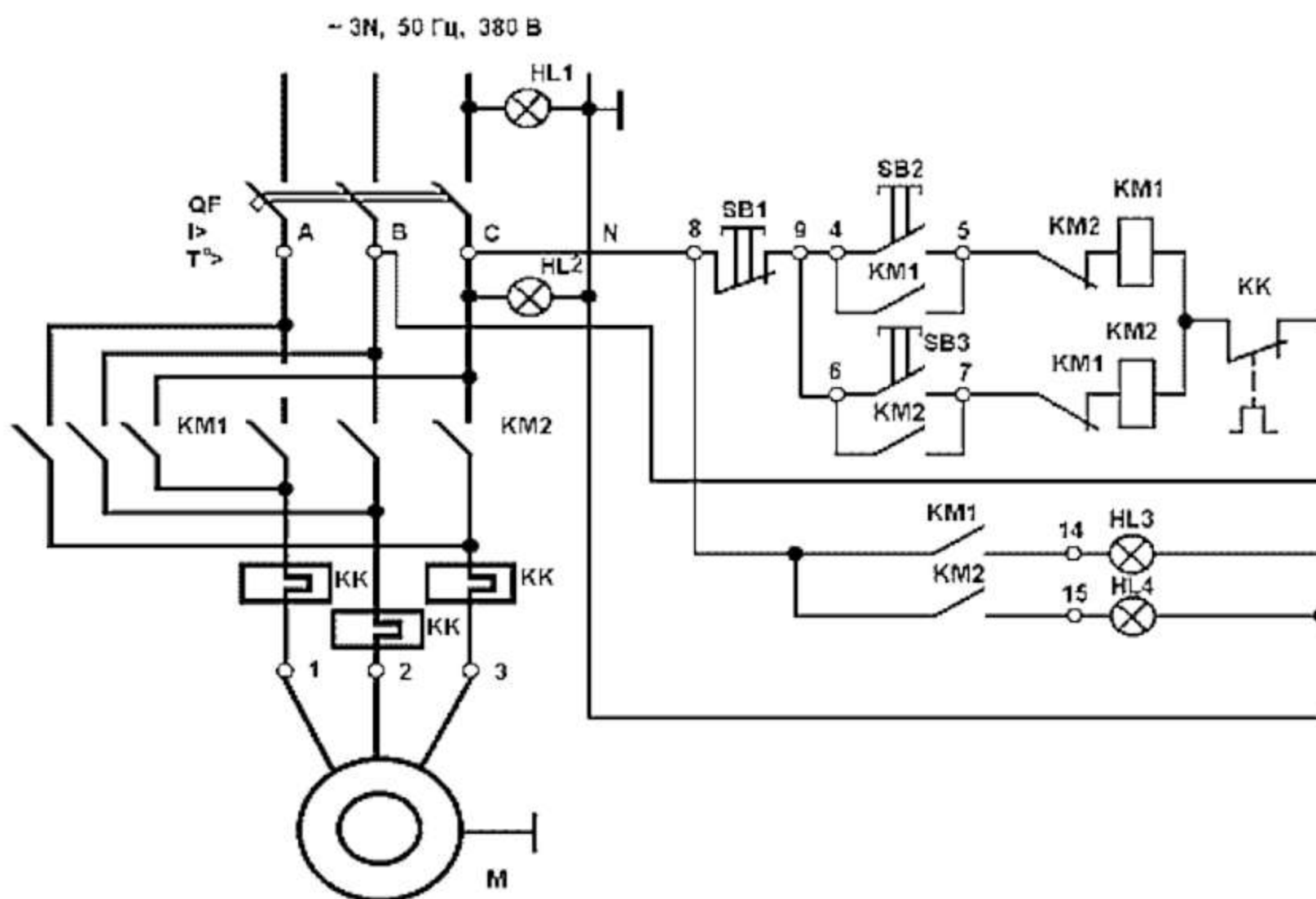
**Теория и пошаговые инструкции:**

Задание к работе

1. Изучить схемы управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя.
2. Произвести монтаж схем включения реверсивного магнитного пускателя.
3. Осуществить управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя

Управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя осуществляется с помощью кнопок "Стоп", "Вперед" и "Назад" – SB1, SB2 и SB3 соответственно .

При нажатии кнопки "Вперед" SB2 напряжение 380 В на катушку магнитного пускателя KM1 подается через замкнутые контакты кнопки "Стоп" и замкнутые контакты теплового реле КК. Электрический ток управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя проходит по катушке KM1, создает магнитное поле, которое притягивает якорь к сердечнику, и тем самым замыкает главные и вспомогательные контакты пускателя KM1, шунтирующие замыкающие контакты кнопки "Вперед" SB2. Напряжение подается на обмотки электродвигателя М и осуществляется его пуск, о чем сигнализирует лампа HL3. Для отключения двигателя нажимается кнопка "Стоп" SB1.



. Принципиальная

электрическая схема

Изменение направления вращения ротора электродвигателя (реверс двигателя) осуществляется при нажатии кнопки "Назад" SB3. При этом электрический ток проходит по катушке KM2, замыкаются главные и вспомогательные контакты пускателя KM2, шунтирующие замыкающие контакты кнопки SB3. Напряжение подается на обмотки электродвигателя М (светится лампа HL4), но при этом меняется направление вращения магнитного поля (фаза "А" подается на клемму "3", а фаза "С" – на клемму "1" электродвигателя, т.е. меняется последовательность фаз).

Для предотвращения короткого замыкания между фазами "А" и "С", при одновременном замыкании главных замыкающих контактов пускателей KM1 и KM2, в конструкции реверсивного пускателя серии ПМЛ предусмотрена механическая блокировка: при наличии напряжения на катушке первого контактора его якорь притягивается и с помощью рычага удерживает якорь другого контактора в крайнем положении. Благодаря этому появление напряжения на катушке второго контактора не приводит к его срабатыванию. Кроме того, после включения пускателя KM1, размыкающим контактом KM1 разрывается цепь катушки пускателя KM2 и при нажатии кнопки SB3 не произойдет никаких аварийных режимов. Аналогичная электрическая блокировка есть в цепи катушки KM1 (размыкающий контакт KM2). Электрическая блокировка может быть выполнена путем использования размыкающих контактов кнопок "Вперед" и "Назад", которые включают вместо размыкающих контактов KM1 и KM2, например при отсутствии размыкающих контактов в конструкции пускателя. Тогда при нажатии кнопки SB2 разрывается цепь питания катушки KM2 и при нажатии на кнопку SB3 катушка KM2 останется обесточенной.

Высокий коэффициент возврата электромагнитов контакторов переменного тока позволяет защищать от понижения напряжения сети (электромагнит отпускает при  $U = (0,6 - 0,7) U_{ном}$ ). При восстановлении напряжения сети до номинального значения самопроизвольное включение пускателя не происходит, т.к. замыкающие блок-контакты KM1 и KM2 и замыкающие контакты кнопок "Вперед" и "Назад" – разомкнуты.

В схеме предусмотрено зануление – корпус электродвигателя соединен с нейтралью N. В случае пробоя изоляции электродвигателя или кабеля на корпус, в схеме возникнет режим короткого замыкания (через цепь "фаза - корпус - нуль" будет протекать ток короткого замыкания), что приведет к срабатыванию электромагнитного расцепителя автоматического выключателя QF. Автоматический выключатель обесточит схему.

## Порядок выполнения работы

1. Изучите схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя. Прежде чем начать собирать электрическую схему согласно, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель QF.
2. Убедитесь в целостности оборудования и соединительных проводов.
3. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими контактами согласно рабочей схеме
4. После проверки преподавателем схемы, осуществите управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя, как описано выше.

Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.

После успешного пуска и остановки электродвигателя - отключите автоматический выключатель QF.

При возникновении аварийных ситуаций: гудении электродвигателя (например, при не полнофазном режиме работы), появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.

## Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Описание работы схемы.
3. Принципиальная электрическая схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя.

## Контрольные вопросы

1. Расшифруйте магнитный пускатель ПМЛ-163104А.
2. Из каких частей состоит реверсивный магнитный пускатель с тепловым реле?
3. Какие меры предусмотрены в схемах для защиты от аварийных режимов? Для чего предназначен реверсивный магнитный пускатель?
4. Каким способом изменяется направление вращения электродвигателя?
5. Для чего в конструкции реверсивного пускателя серии ПМЛ предусмотрена механическая блокировка?
6. Выберите магнитные пускатели серий ПМЛ и ПМЕ для реверсивного пуска электродвигателя, указанного преподавателем.

Таблица

Некоторые технические данные электродвигателей серий 5А и АИР

Типоразмер электродвигателя Номинальная мощность,  $P_{2ном}$ , кВт  $\cos\phi$  Коэффициент полезного

			действия, $\eta_d$
5A80MA4	1,1	0,8	0,74
5A80MB4	1,5	0,81	0,76
5A112M4	5,5	0,83	0,86
АИРМ132S4	7,5	0,85	0,88
АИРМ132M4	11,0	0,85	0,89
5A160S4	15,0	0,86	0,895
5A160M4	18,5	0,86	0,90
АИР180S4	22,0	0,86	0,905
АИР180M4	30,0	0,87	0,915
5A220M4	37,0	0,85	0,923
5A220L4	45,0	0,84	0,927
5A225M4	55,0	0,86	0,933

### Практическая работа №7

**Тема:** Изучение конструкции и исследование защитных характеристик тепловых реле

**Цель:** Изучить устройство и принцип действия тепловых реле. Освоить методику исследования защитных характеристик и приемы настройки тепловых реле.

**Теория и пошаговые инструкции:**

Задание к работе

1. Изучить устройство и принцип действия тепловых реле.
2. Снять защитные характеристики теплового реле.
3. Настроить с помощью стенда тепловое реле для защиты электродвигателя от перегрузки.
4. По индивидуальному заданию преподавателя выбрать тепловое реле для защиты электродвигателя от аварийных режимов.

Общие сведения

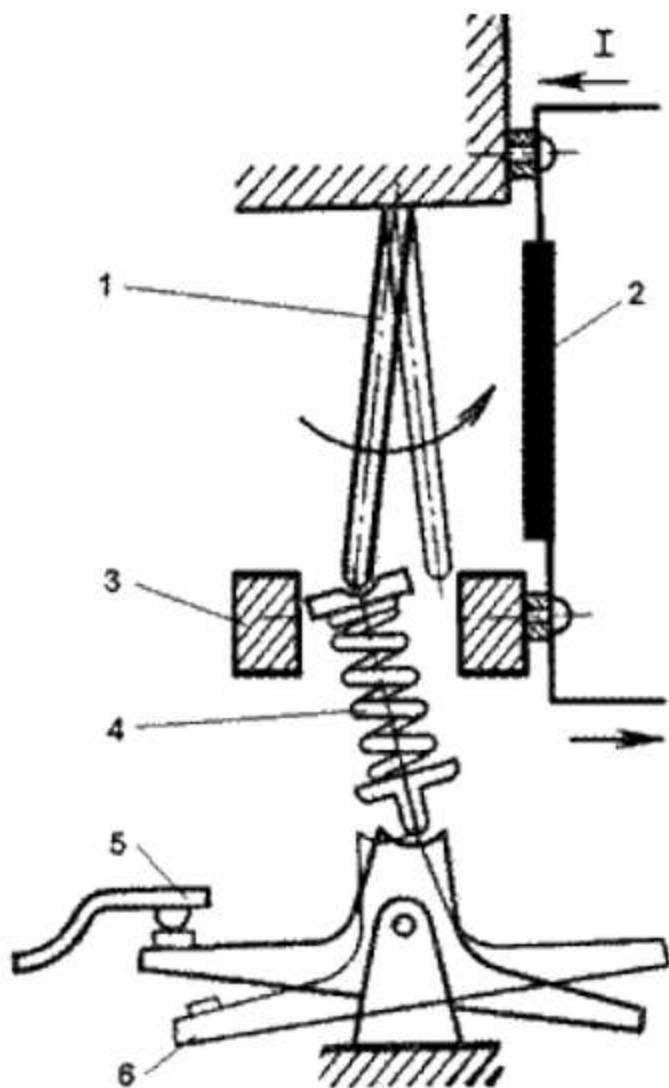
Чтобы правильно защитить электродвигатели от аварийных режимов, необходимо знать основные причины их отказов. Основные аварийные режимы возникают из-за :

- обрыва фазы (ОФ) – 40...50 %;
- заторможения ротора (ЗР) – 20...25 %;
- технологических перегрузок (ТП) – 8...10 %;
- понижения сопротивления изоляции (ПСИ) – 10...15 %;

- нарушения охлаждения (НО) – 8...10 %.

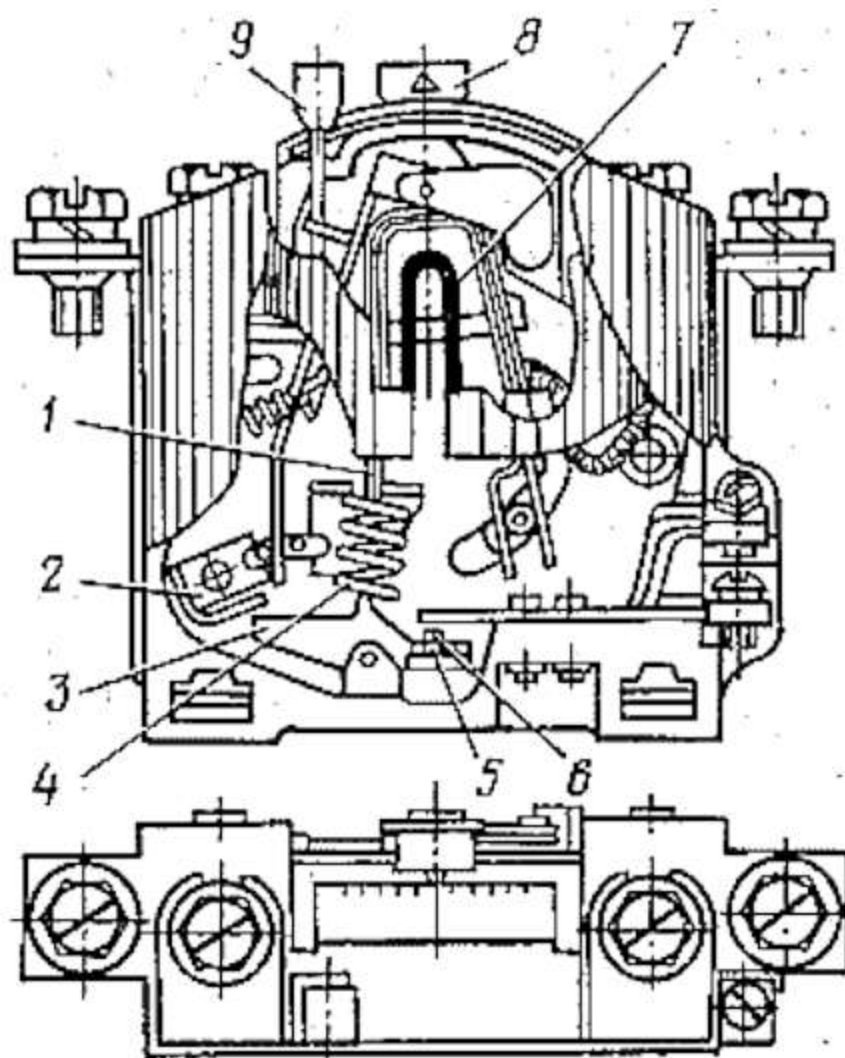
Тепловое реле состоит из биметаллической пластинки, нагревательного элемента, контактов с пружиной и защелкой .

Биметаллическая пластина состоит из двух металлов, прочно сваренных между собой по всей поверхности и имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения  $\alpha$ . Один металл (инвар) имеет малый коэффициент линейного расширения и называется пассивным. Другой (хромоникелевая сталь) имеет большой коэффициент  $\alpha$  и называется активным. При нагревании активный слой стремится удлиниться на большую величину, чем пассивный и, как следствие этого, возникает изгибающий момент.



Конструктивная схема теплового реле типа ТРП:

- 1 - биметаллическая пластина,
- 2 - нагревательный элемент;
- 3 - ограничивающие выступы;
- 4 - пружина;
- 5 - неподвижный контакт;
- 6 - прыгающий контакт.



Тепловое реле ТРП:

- 1 - биметаллическая пластинка;
- 2 - упор самовозврата;
- 3 - держатель подвижного контакта;
- 4 - пружина;
- 5 - подвижный контакт;
- 6 - неподвижный контакт;
- 7 - сменный нагреватель;
- 8 - регулятор тока уставки;
- 9 - кнопка ручного возврата.

Реле ТРА и ТРВ имеют комбинированную систему нагрева с плоскими нихромовыми нагревательными элементами соединенными параллельно с биметаллической пластиной.

Реле серии РТ являются аппаратами открытого исполнения с косвенной системой нагрева. Регулирование тока срабатывания реле РТ в небольших пределах осуществляется с помощью рычага, перемещение

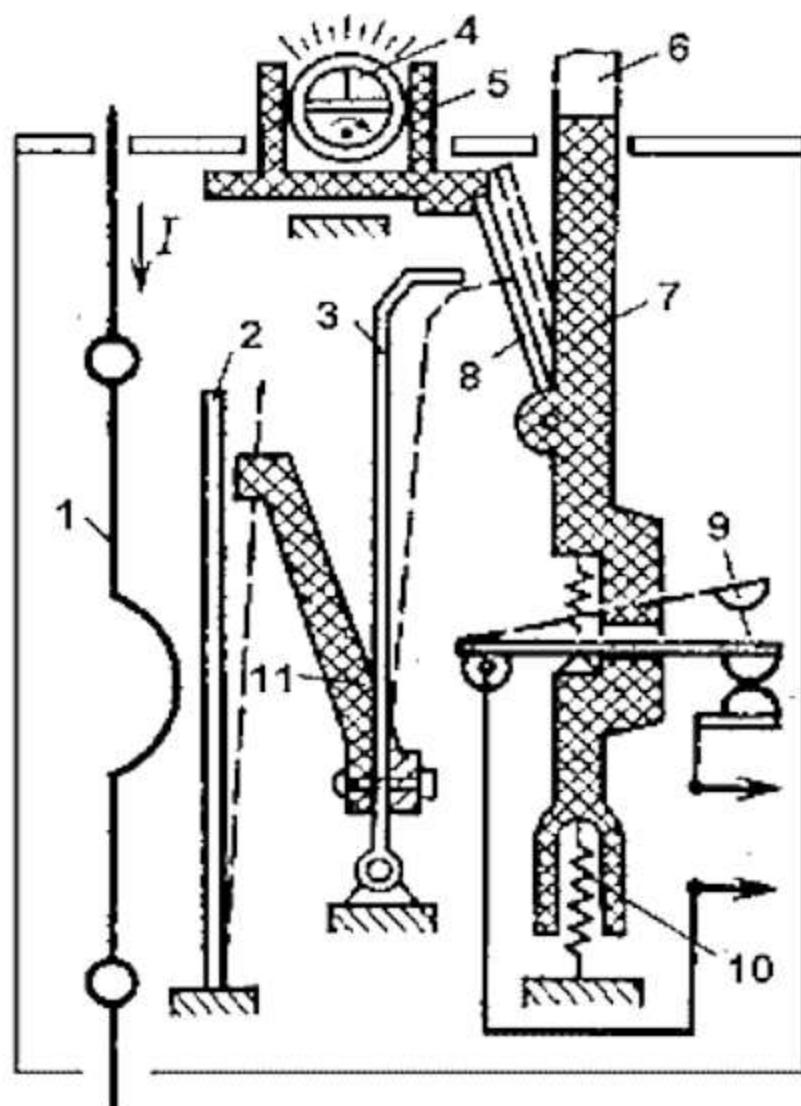
которого изменяет ход конца биметаллической пластины при нагревании до освобождения защелки. Более широкое регулирование тока срабатывания осуществляется заменой нагревательных элементов. Имеется 56 номеров нагревательных элементов на (0,64 ... 40) А.

Реле ТРВ служит для защиты двигателей с легкими условиями пуска, выпускается 20-ти исполнений на токи до 200 А.

**Реле серии ТРН выпускаются на токи (0,5...40) А с термокомпенсацией.** Используются в основном в магнитных пускателях серии ПМЕ и ПА, имеют косвенный нагрев с помощью пластинчатых нихромовых нагревателей.

Ниже приведена конструктивная схема теплового реле ТРН, предназначенного для магнитных пускателей типов ПМЕ и ПМА.

Биметаллическая пластина 2 при прохождении тока, превышающего заданный, изгибается и перемещает вправо пластмассовый толкатель 11, связанный жестко с биметаллической пластиной 3, выполняющей роль температурного компенсатора. Отклоняясь вправо, пластина 3 нажимает на защелку 8 и выводит ее из зацепления с пластмассовым движком 5 уставок, в результате чего под действием пружины 10 пластмассовая штанга 7 расцепителя отходит кверху (показана пунктиром)



Конструктивная схема теплового реле типа ТРН:

- 1 - нагревательный элемент;
- 2 - биметаллическая пластина;
- 3 - биметаллическая пластина температурного компенсатора;
- 4 - эксцентрик;
- 5 - движок уставки;
- 6 - кнопка "Возврат",
- 7 - штанга расцепителя (тяга);
- 8 - защелка;
- 9 - контакты;
- 10 - пружина;
- 11 - толкатель

Температурная компенсация заключается в том, что изгибанию биметаллической пластины 2 при изменении окружающей среды соответствует противоположное по направлению изгибание пластины компенсатора 3. Таким образом достигается независимость тока уставки от окружающей температуры. Ток уставки можно менять в пределах от 0,75 до 1,3 номинального тока нагревательного элемента.

Только правильно отрегулированные тепловые реле могут защитить электродвигатели от перегрузок. Поэтому рассмотрим **методы регулировки реле**. Уставки регулировки теплового реле можно определить расчетом в такой последовательности:

1. Определяют уставку реле без температурной компенсации:

$$N_1 = (I_{н\text{ дв}} - I_{нз}) / c I_{нз}, \quad (10.1)$$

где  $I_{н\text{ дв}}$  - номинальный ток нагрузки электродвигателя;

$I_{нэ}$  - номинальный ток нагревательного элемента теплового реле;

$c$  - коэффициент деления шкалы ( $c = 0,05$ ).

2. Вычисляют поправку на температуру окружающей среды:

$$N_2 = (T - 30)/10 \quad (10.2)$$

где  $T$  – температура окружающей среды, °С.

Поправка необходима в тех случаях, когда температура окружающей среды ниже максимальной (40 °С) более чем на 10 °С. При значительном изменении температуры окружающей среды (зимой и летом) тепловое реле следует отрегулировать вновь.

3. Находят суммарную уставку реле:

$$N = N_1 + N_2, \quad (10.3)$$

которая, может быть со знаком «+» или «-». Затем на полученном делении шкалы устанавливают стрелочку регулировочного винта или рычаг.

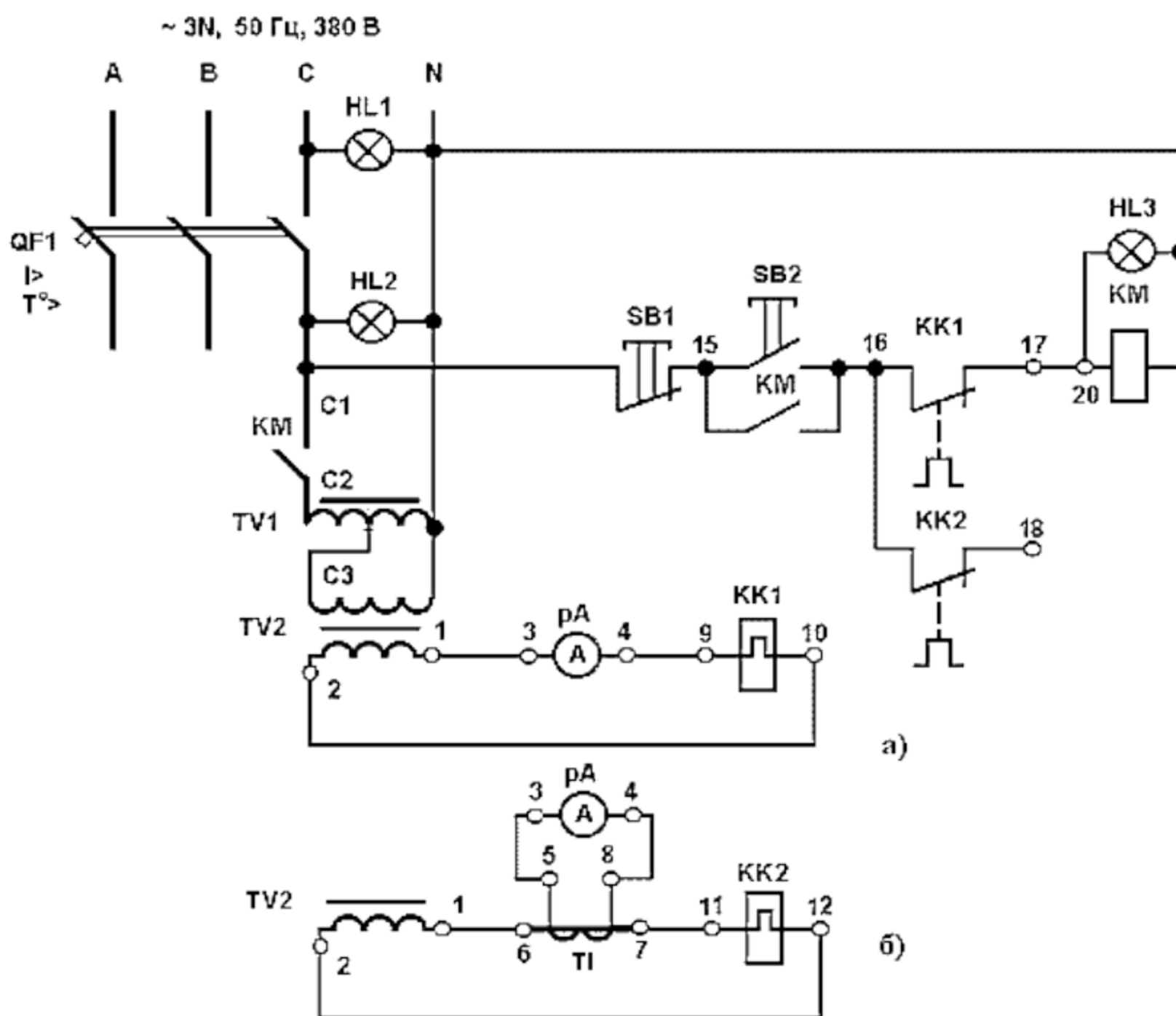
Часто электродвигатели и их пускозащитная аппаратура находятся в различных температурных условиях, например, электродвигатель установлен внутри животноводческого помещения, а пускозащитная аппаратура – снаружи. В этих случаях правильно отрегулировать тепловое реле почти невозможно.

Корректировкой уставки, полученной в результате расчета делений шкалы, можно провести приближенную регулировку тепловых реле. Для их точной регулировки применяют специальные приспособления – стенды.

К вторичной обмотке маломощного нагрузочного трансформатора TV2 подключаются нагревательные элементы тепловых реле (КК1 и КК2). Напряжение первичной обмотки плавно регулируется лабораторным автотрансформатором (ЛАТР) TV1. Ток нагрузки теплового реле КК1 фиксируется амперметром рА .

Ток нагрузки реле КК2 фиксируется амперметром рА, включенным во вторичную цепь через трансформатор тока ТІ .





Принципиальная электрическая схема для проверки и регулировки тепловых реле.

Так как трансформатор TV2 нагружен малым сопротивлением нагревательного элемента теплового реле и во вторичной цепи течет большой ток, вторичная обмотка трансформатора должна быть выполнена из провода большого сечения, рассчитанного на ток нагрузки 50 А. Число витков вторичной обмотки нагрузочного трансформатора выбирают из условия, что необходимо получить достаточное напряжение для регулировки маломощных тепловых реле, например ТРН-10 А, нагревательные элементы которых имеют относительно большое сопротивление. Из этих условий определяется значение максимального вторичного напряжения порядка 4 В. **Тепловое реле**, например, типа ТРН **проверяют следующим образом**. Напряжение на схему подают через контакты КМ магнитного пускателя путем нажатия кнопки SB1 "Пуск". К вторичной обмотке нагрузочного трансформатора TV2 подключают сначала один нагревательный элемент КК1, а контакты теплового реле КК1 включают в цепь сигнальной лампы HL3. Ручку автотрансформатора TV1 устанавливают в нулевое положение и подают напряжение. Затем поворотом ручки вправо устанавливают ток  $I = 1,5 I_{н\text{ дв}}$  и секундомером или часами с секундной стрелкой контролируют время срабатывания реле (момент погасания сигнальной лампы HL3). Далее то же самое выполняют при подключенном втором нагревательном элементе теплового реле. Если время срабатывания теплового реле хотя бы одного из нагревательных элементов не соответствует норме, тепловое реле следует отрегулировать.

Тепловое реле типа ТРН регулируют в следующем порядке:

- Реле осматривают и проверяют, нет ли механических дефектов.
- Проверяют, соответствуют ли номинальный ток нагревательных элементов реле номинальному току нагрузки защищаемого электродвигателя. При необходимости нагревательные элементы заменяют.
- Проверяют, не согнуты ли нагревательные элементы.
- Проверяют расстояние между нагревательными элементами и биметаллическими пластинками, их взаимное расположение при температуре 20 °С. Если расстояние от обоих нагревательных элементов до

пластинок неодинаковы, необходимо изменить положение нагревательных элементов, отпустив, а затем снова затянув винты их крепления.

- Регулировочный эксцентрик уставок теплового реле переводят в положение "+5".
- Тепловое реле подсоединяют к регулировочному устройству и устанавливают ток нагрузки нагревательного элемента в 1,5 раза больше номинального тока защищаемого электродвигателя.

Через 145 с (70 с для теплового реле ТРН-10А) эксцентрик плавно поворачивают в направлении к положению "-5" до срабатывания теплового реле.

После интенсивного (12...15 мин) охлаждения теплового реле (например, настольным вентилятором) к регулировочному устройству подключают второй нагревательный элемент и снова устанавливают ток нагрузки  $1,5 I_{н\text{ дв}}$ .

Если за 145 с (70 с для теплового реле ТРН-10А), тепловое реле не срабатывает, плавно поворачивают регулировочный винт против хода часовой стрелки до срабатывания. Если тепловое реле сработало раньше, чем через 145 с (70 с для ТРН-10А), регулировочный винт необходимо повернуть по ходу часовой стрелки на один оборот. Затем тепловое реле охлаждают и регулировку повторяют, чтобы оно сработало от второго нагревательного элемента за 145...150 (70...75) с.

Если тепловое реле будет срабатывать от обоих нагревательных элементов, то проводят окончательную его регулировку. Для этого оба нагревательных элемента соединяют последовательно и подключают к регулировочному устройству, а регулировочный эксцентрик устанавливают в положение "+5". Снова устанавливают ток нагрузки  $1,5 I_{н\text{ дв}}$  и через 145 (70) с плавно поворачивают эксцентрик по направлению к положению "-5" до срабатывания теплового реле. После этого тепловое реле будет точно отрегулировано. Если во время регулировки эксцентрик находится в положении "+5", а ток в нагревательном элементе равен  $1,5 I_{н\text{ дв}}$  и тепловое реле срабатывает раньше чем за 145 (70) с, то необходимо заменить нагревательный элемент, выбирая их по большему номинальному току. Если, наоборот, при этом же токе нагрузки и положении регулировочного эксцентрика "-5" тепловое реле не срабатывает за 145 (70)с, нагревательные элементы также необходимо заменить, только выбрать их следует по меньшему номинальному току. Затем тепловое реле регулируют по рассмотренной методике.

У тщательно отрегулированных тепловых реле типа ТРП и ТРН при комнатной температуре защитные характеристики мало отличаются от уточнённых средних, однако в холодном состоянии они не обеспечивают защиту электродвигателей, заклинённых и не запустившихся при обрыве фазы.

#### Порядок выполнения работы

1. Используя тепловые реле – изучите их конструкцию.
2. Изучите схему принципиальную электрическую схему для проверки и регулировки тепловых реле . Прежде чем начать собирать электрическую схему , убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель QF1. Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов.
3. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими клеммами на лабораторном стенде согласно схеме

Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.

4. После проверки преподавателем схемы, исследуйте защитные характеристики одного из тепловых реле (КК1 или КК2), для чего:

- выведите ручку автотрансформатора TV1 в крайнее левое положение;

- установите регулировочный эксцентрик уставок теплового реле в положение "-5";
- включите автоматический выключатель QF1;
- нажмите на кнопку "Пуск" SB2 и после подачи напряжения на схему (загорается сигнальная лампа HL3), плавно вращая ручку ЛАТРа вправо установите значение тока I, А, согласно кратности тока  $k_I$ , заданной преподавателем

$$I = k_I \cdot I_{нэ}. (10.4)$$

- после нагрева биметаллической пластины и срабатывания теплового реле, размыкается его контакт КК (КК1 или КК2, соответственно) в цепи катушки магнитного пускателя КМ (гаснет сигнальная лампа HL3), нагревательный элемент начинает остывать;
- после охлаждения реле в течение трех минут, нажмите на кнопку "Возврат", а затем на "Пуск" SB2, одновременно с загоранием сигнальной лампы - включите секундомер или зафиксируйте время на часах с точностью до секунды;
- после размыкания контакта теплового реле определите время, за которое сработало реле;
- после охлаждения реле исследуйте его защитные характеристики при положении эксцентрика "0" и "+5", затем повторите опыты для других кратностей, указанных преподавателем.

**После успешно проведенного эксперимента – отключите автоматический выключатель QF1. С согласия преподавателя отсоедините монтажные провода. Сдайте монтажные провода лаборанту.**

**При возникновении аварийных ситуаций: гудении трансформаторов, появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF1 и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.**

Таблица 1

Положение эксцентрика	Время срабатывания, с				
	Кратность тока, $k_I$				
	1,5	2	2,5	2,8	3
- 5					
0					
5					

#### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Конструктивная схема теплового реле типа ТРН.
3. Схема для проверки и регулировки тепловых реле.
4. Таблица 1

#### Контрольные вопросы

1. Для чего применяются тепловые реле типа ТРН ?
2. Каков принцип действия реле типа ТРН ?
3. Каков принцип действия реле типа ТРП ?
4. Каков принцип действия реле типа РТЛ ?
5. Каковы основные факторы, влияющие на работу теплового реле ТРН?
6. Для чего в тепловых реле нужна температурная компенсация ?
7. Как выполнена в тепловом реле ТРН температурная компенсация?
8. Что называется защитной характеристикой теплового реле?
9. Расскажите методику настройки теплового реле.
10. По исследованным защитным характеристикам, соответствующим нулевому положению регулятора, определите мощность электродвигателя, который можно защищать тепловым реле.

## **Практическая работа № 8**

**Тема:** Оформление наряда-допуска. Проведение инструктажа при организации работ по наряду-допуску

**Цель:** разработать мероприятия по электробезопасности и оформить наряд-допуск на указанный вид работы

**Оборудование и/или программное обеспечение:** схема электроустановки, методические указания по порядку отключения, бланки переключений, наряда-допуска и журнала по учету работ, выполняемых по нарядам и распоряжениям.

### **Теоретическая часть**

При выполнении действий по ремонту электрооборудования первоочередной задачей является обеспечение электробезопасности, технологическая часть всегда уходит на второй план. До выполнения работ назначаются лица, ответственные за электробезопасность, разрабатывается схема на период работ, порядок переключений, заполняются бланки, проводятся инструктажи.

### **Оборудование, выводимое в ремонт, объем работ**

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться со схемой электроснабжения и назначением по схеме выводимого оборудования.
2. Назначить лиц, ответственных за безопасное проведение работ.

Ответственный работник	Фамилия
выдающий наряд	
ответственный руководитель работ	
допускающий	
производитель работ	
наблюдающий	
члены бригады	

3. Разработать схему для вывода оборудования из работы.

Должны быть **отключены**

выключатели \_\_\_\_\_

разъединители \_\_\_\_\_

отключатели нагрузки \_\_\_\_\_

**Включены** на время проведения работ

выключатели \_\_\_\_\_

разъединители \_\_\_\_\_

отключатели нагрузки \_\_\_\_\_

4. Места наложения защитного заземления \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Оформить бланки переключений при выводе оборудования и вводе в работу (отдельно).
6. Перечислить места размещения плакатов «Не включать, работают люди»

---

7. Перечислить места размещения плакатов «Работать здесь»

---

8. Перечислить места размещения плакатов «Стой, напряжение»

---

9. Подобрать основные и дополнительные электробезопасные средства  
основные

---

дополнительные

---

10. Составить тексты инструктажей для ответственных лиц.
11. Оформить наряд-допуск.
12. Оформить журнал по учету работ, выполняемых по нарядам и распоряжениям.
13. Провести и оформить инструктажи.
14. Оформить отчет и сдать работу преподавателю.

#### **Список выводимого из схем оборудования (варианты)**

1. Выключатель Q7 (рис. 43 [2]) – внешний осмотр, очистка изоляции.
2. Выключатель нагрузки QW6 (рис. 43 [2]) – внешний осмотр, очистка изоляции.
3. Воздушная линия W1 (рис. 43 [2]) – очистка изоляторов на траверсе опоры.
4. Разъединитель QS4 (рис. 43 [2]) – внешний осмотр, очистка изоляции.
5. Разъединитель QS8 (рис. 43 [2]) – внешний осмотр, очистка изоляции.
6. Выключатель АВР Q8 (рис. 43 [2]) – внешний осмотр, очистка изоляции.

#### **Вопросы для контроля**

1. Поясните порядок оформления бланка переключений
2. Поясните порядок оформления наряда-допуска.
3. Расскажите роль лиц, ответственных за электробезопасность.
4. Перечислите, что должен содержать целевой инструктаж на рабочем месте.

#### **Литература**

1. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок от 24 июля 2013 г.
2. Филатов А.А., Переключения в электроустановках 0,4-10 кВ распределительных сетей. — Москва.
3. Инструкция по производству оперативных переключений в электроустановках

## Практическая работа №9

**Тема:** Изучение схем включения люминесцентных светильников

**Цель:** Ознакомиться с конструкцией и принципом действия люминесцентных ламп (ЛЛ). Изучить схемы включения ЛЛ в сеть. Выяснить предназначение каждого элемента в схеме включения ЛЛ.

**Теория и пошаговые инструкции:**

Задание к работе

1. Изучить конструкцию и принцип действия люминесцентных ламп.
2. Изучить схемы включения ЛЛ и способы монтажа светильников с ЛЛ.
3. Произвести монтаж схемы включения люминесцентных ламп..

Общие сведения

Люминесцентная лампа – это длинная стеклянная трубка (колба), внутренняя поверхность которой покрыта слоем люминофора. В герметически закрытых торцах колбы на молибденовых электродах, прикрепленных к стеклянной ножке, смонтирована вольфрамовая оксидированная моноспираль. К электродам спирали припаяны штырьки, изолированные от цоколя лампы специальной мастикой.

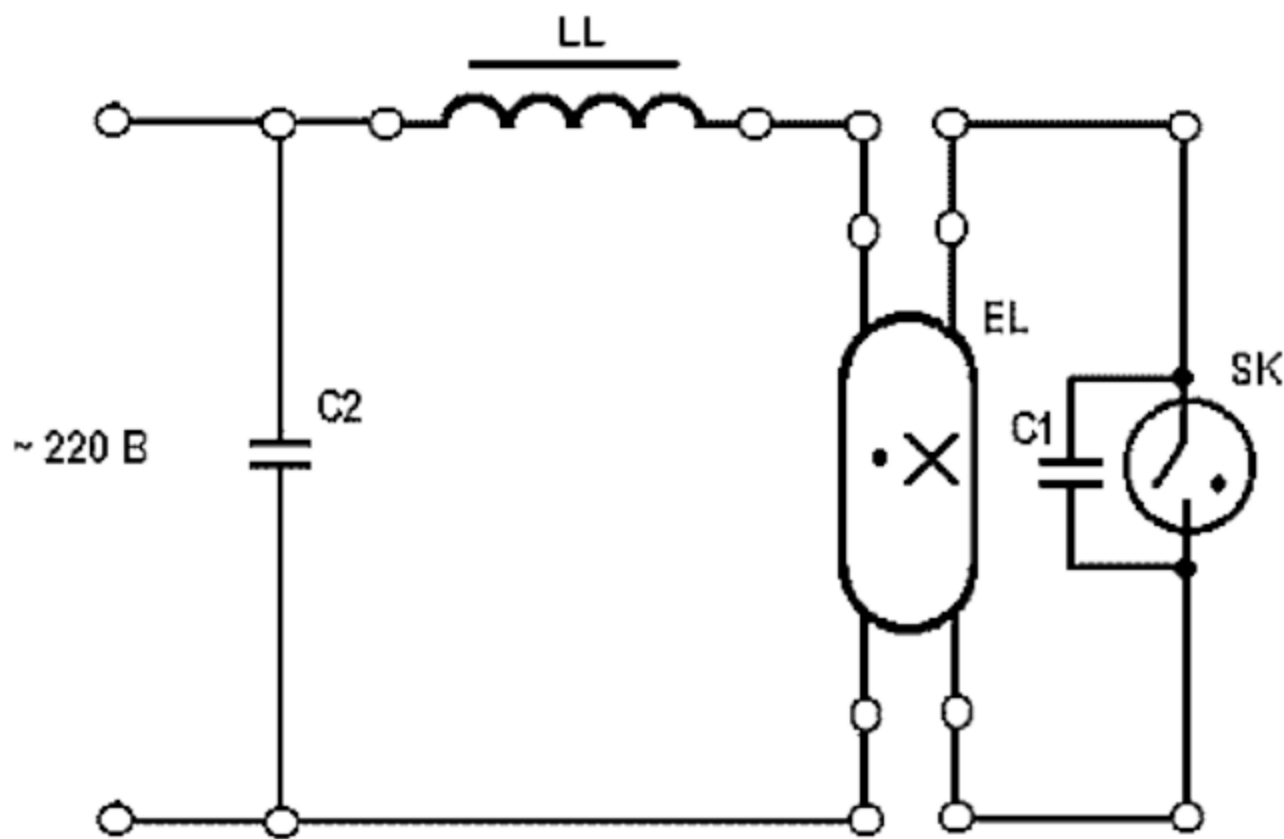
Лампа заполнена аргоном и небольшим количеством ртути. Электрический разряд в такой лампе начинается в атмосфере инертного газа, а затем, по мере испарения ртути, продолжается в ее парах.

Преобразование электрической энергии в световое излучение в люминесцентных лампах имеет две фазы: электрический разряд в парах ртути сопровождается коротковолновым ультрафиолетовым излучением (первая фаза); возникающая ультрафиолетовая радиация, воздействуя на люминофор, вызывает его фотолюминесценцию (вторая фаза). Таким образом, люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимое. Спектр излучения лампы зависит от химического состава люминофора.

В зависимости от цветности и назначения люминесцентные лампы отечественного производства имеют соответствующую маркировку: ЛД – лампа дневного света, ЛБ – лампа белого света, ЛХБ – лампа холодно-белого света, ЛТБ – лампа тепло-белого света, ЛДЦ – лампа улучшенной цветопередачи, ЛФ – лампа с высокой фотосинтетической эффективностью. Цифры в маркировке лампы, например ЛТБ - 80, означают потребляемую мощность в ваттах.

Мощность выпускаемых люминесцентных ламп составляет: 15, 20, 30, 40, 65 и 80 Вт. Средняя продолжительность горения всех типов ламп не менее 10 тыс. часов при оптимальных условиях:  $t = 18 \dots 25$  °С и относительной влажности воздуха не более 70 %.

Для разогрева электродов люминесцентной лампы и облегчения её зажигания в схеме включения часто применяют стартер. Стартер (рис. 7.2) представляет собой миниатюрную газоразрядную лампу 3 с биметаллическими (одним или двумя) электродами 1 и 2, заполненную смесью 60 % аргона, 28,8 % неона и 11,2 % гелия.



Стартерная схема включения люминесцентной лампы

При подаче напряжения на схему ток через лампу EL не течет, так как газовый промежуток является изолятором и для его пробоя нужно напряжение, превышающее напряжение сети. В стартере SK при этом возникает тлеющий разряд, сопровождающийся протеканием тока (20...50 мкА) в электрической цепи (дроссель LL, нить накала электродов люминесцентной лампы EL, стартер SK). Биметаллические электроды стартера SK разогреваются, изгибаются, накоротко замыкаются друг с другом и замыкают цепь накала электродов люминесцентной лампы EL через дроссель LL на напряжение сети. Проходящий при этом по нитям накала электродов ток в 1,4...1,5 раза превышает номинальный рабочий ток люминесцентной лампы.

За 1...2 с электроды люминесцентной лампы разогреваются до 700...900 °С, вследствие чего увеличивается электронная эмиссия, и облегчаются условия пробоя газового промежутка. После прекращения тлеющего разряда в стартере его электроды охлаждаются и, возвращаясь в исходное положение, размыкают цепи накала электродов люминесцентной лампы. В момент разрыва цепи возникает электродвижущая сила самоиндукции в дросселе LL, величина которой пропорциональна индукции дросселя и скорости изменения тока в момент разрыва цепи. Образовавшийся за счет э.д.с. самоиндукции импульс повышенного напряжения (700...1000 В) прикладывается к электродам лампы. Происходит пробой и лампа начинает светиться. К стартеру же, включенному параллельно лампе, прикладывается приблизительно половина напряжения сети, которого недостаточно для повторного пробоя его газоразрядной лампы, и поэтому она больше не зажигается. Если лампа не зажглась, зажигание автоматически повторяется.

Дроссель (катушка с железным сердечником) служит также и для ограничения тока в лампе, обеспечивая её стабильную работу. Для уменьшения радиопомех в цепь стартера включен конденсатор C1. Пускорегулирующие аппараты (ПРА) в схеме ламп расходуют около 30% их номинальной мощности.

В схеме используется конденсатор C2, который компенсирует реактивную мощность, создаваемую дросселем и тем самым увеличивает коэффициент мощности светильника с ЛЛ до 0,9...0,95.

Общий недостаток газоразрядных источников света заключается в том, что световой поток их пульсирует с частотой равной 100 Гц. Глаз не в состоянии уловить непрерывное мелькание света благодаря зрительной инерции. Однако при освещении пульсирующим светом вращающихся и движущихся предметов может возникнуть стробоскопический эффект, который заключается в появлении ложного представления неподвижности, обратного направления вращения или множественности движущихся предметов. Это очень опасно в производственных условиях.





Силовая блок-схема ЭПРА

### Порядок выполнения работы

1. Изучите элементы схем включения люминесцентных ламп.
2. Ознакомьтесь с монтажной схемой включения люминесцентных ламп.
3. Монтажными проводами соберите схему включения ламп между соответствующими клеммами на лабораторном стенде.
4. После проверки преподавателем схемы, осуществите её включение автоматическим выключателем QF.

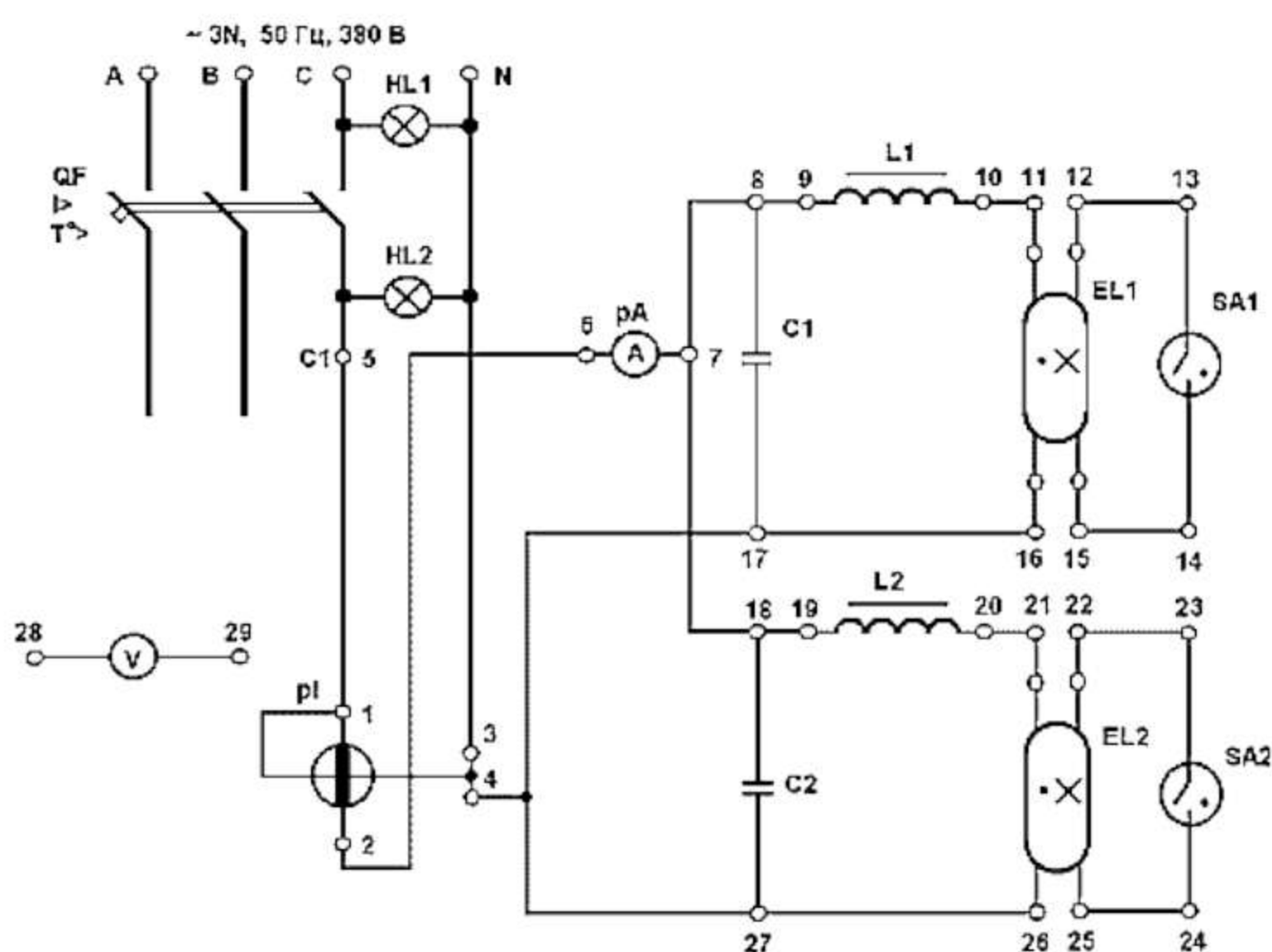


Схема включения люминесцентных ламп

Измерьте вольтметром напряжение на лампах ( $U_{11-16}$ ,  $U_{21-26}$ ) после их загорания и определите ток.

После успешно проведенного эксперимента отключите автоматический выключатель QF. С согласия преподавателя отсоедините монтажные провода от блока зажимов стенда и сдайте их преподавателю или лаборанту.

6. Зная номинальную мощность ламп, рассчитайте коэффициент мощности светильника.

7. Для светильника, предложенного преподавателем из табл. 6.1, рассчитайте номинальный ток, подберите кабель (провод) для его монтажа и вычертите эскиз его крепления к конструкции, указанной преподавателем и составьте указаниями по его монтажу.

## **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Рабочая схема.
3. Расчеты, по определению токов, протекающих через лампы и коэффициента мощности светильника.

## **Контрольные вопросы**

1. В чем принципиальные отличия газоразрядных источников света от ламп накаливания?
2. Каковы функции дросселя, стартера, конденсатора?
3. Назовите основные преимущества и недостатки люминесцентных ламп.
4. Может ли работать люминесцентная лампа без балластного устройства? Без стартера?
5. Как осуществляется предварительный нагрев электродов?
6. Какое напряжение должно быть на зажимах самой лампы, если она рассчитана для работы от сети 220 В?
7. От каких факторов зависит срок службы люминесцентной лампы?

## **Практическая работа №10**

**Тема:** Изучение конструкций и исследование защитных характеристик устройств защитного отключения

**Цель:** Изучить принцип действия и конструкции устройств защитного отключения (УЗО). Ознакомиться с УЗО отечественного и импортного производства. Освоить методику определения дифференциального отключающего тока УЗО.

### **Теория и пошаговые инструкции:**

Задание к работе

1. Изучить устройство и принцип действия УЗО.

2. Изучить схемы включения УЗО.
3. Произвести монтаж схемы включения УЗО.
4. Снять защитные характеристики УЗО.

#### Общие сведения

Защитным отключением называется автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания значений тока и времени его протекания при замыканиях на корпус или снижении сопротивления изоляции ниже определенного значения .

УЗО используется как дополнительное средство защиты людей от поражения электрическим током в защищенных автоматическими выключателями (предохранителями) трех проводных однофазных и пяти-проводных трехфазных групповых цепях (с нулевым защитным проводником РЕ) электроустановок зданий, которые подключены к питающим электрическим сетям напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью и типами систем заземления TN-C-S, TT, TN-S.

В основе действия УЗО, как электрoзащитного средства, лежит принцип ограничения (за счет быстрого отключения) продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к токоведущим частям.

Из всех известных электрoзащитных средств УЗО является единственным, обеспечивающим защиту человека от поражения током в случае прямого прикосновения к находящимся под напряжением частям электроустановки.

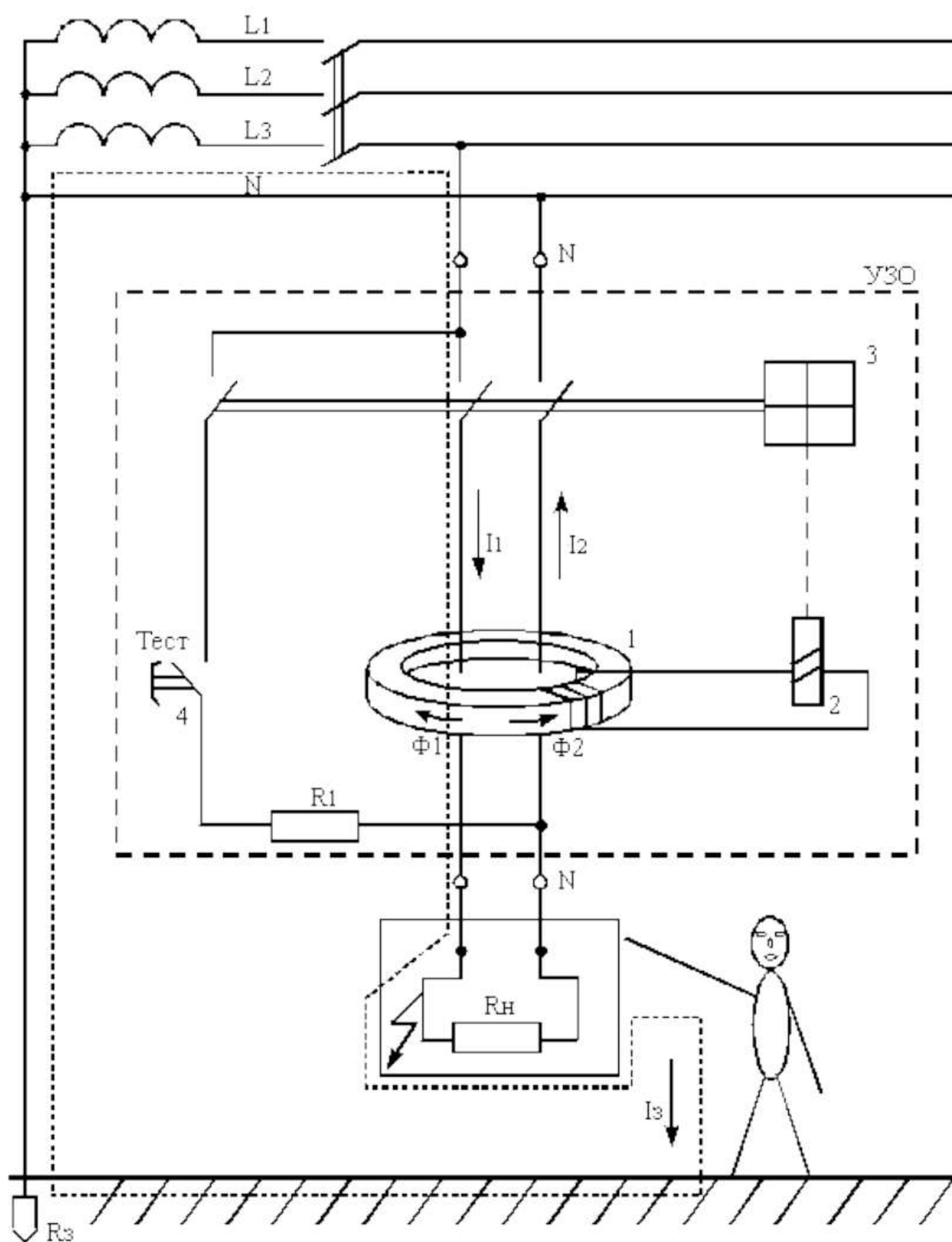
#### Классификация и защитное действие УЗО.

Устройства защитного отключения классифицируются по виду входного сигнала, по чувствительности и количеству полюсов .

Для того чтобы устройство защитного отключения выполняло свою основную функцию – защиту от электропоражения, необходимо, чтобы оно отключало защищаемые участки сети, электроустановки при достижении током значений основных критериев электробезопасности – порогового не отпускающего тока и порогового фибрилляционного тока в течение соответствующего периода времени.

В сетях с глухозаземленной нейтралью у нас в стране и за рубежом используются УЗО по току утечки на землю, реагирующие на ток нулевой последовательности (на несимметрию фазных токов утечки), поэтому в дальнейшем изложении рассматриваются УЗО только этого типа.

**Принцип действия УЗО.** Важнейшим функциональным блоком УЗО является дифференциальный трансформатор тока  $I$  . В абсолютном большинстве УЗО, производимых и эксплуатируемых в настоящее время во всем мире, в качестве датчика дифференциального тока используется именно трансформатор тока.



Структура УЗО

Пусковой орган (пороговый элемент) 2 выполняется, как правило, на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах. Исполнительный механизм 3 включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода.

В нормальном режиме, при отсутствии дифференциального тока – тока утечки, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока 1 протекает рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включенные первичные обмотки дифференциального трансформатора тока. Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке, как  $I_1$ , а от нагрузки как  $I_2$ , то можно записать равенство:

$$I_1 = I_2. (5.1)$$

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно-встречно направленные магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ . Результирующий магнитный

поток равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также равен нулю. Пусковой орган 2 находится в этом случае в состоянии покоя.

При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки  $I_1$  протекает дополнительный ток – ток утечки ( $I_D$ ), являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным). Неравенство токов в первичных обмотках ( $I_1 + I_D$  в фазном проводнике) и ( $I_2$ , равный  $I_1$ , в нейтральном проводнике) вызывает неравенство магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока. Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3. Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается. Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования 4. При нажатии кнопки "Тест" искусственно создается отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно в целом исправно. Несимметрия нагрузки по фазам не влияет на величину уставки срабатывания УЗО.

Таким образом, основные преимущества защитного отключения – быстрое действие и автоматическое срабатывание.

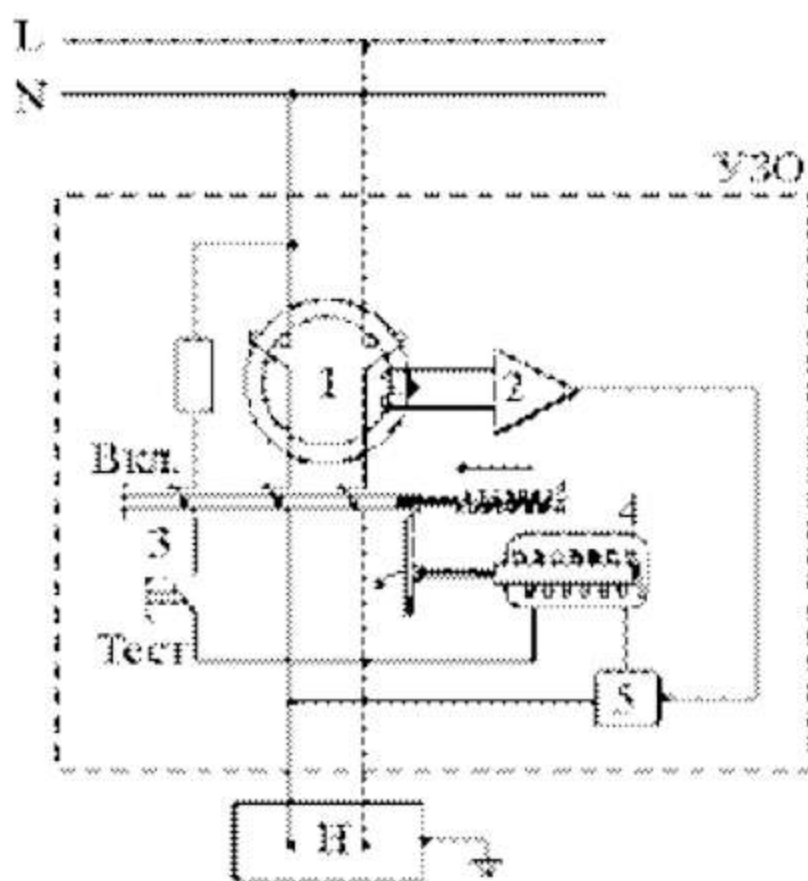


Рис. 5.2. Электронное УЗО с функцией отключения сети:

1 - дифференциальный трансформатор тока; 2 - электронный усилитель; 3 - цепь теста; 4 - удерживающее реле; 5 - блок управления; Н - нагрузка; Т - кнопка "Тест"

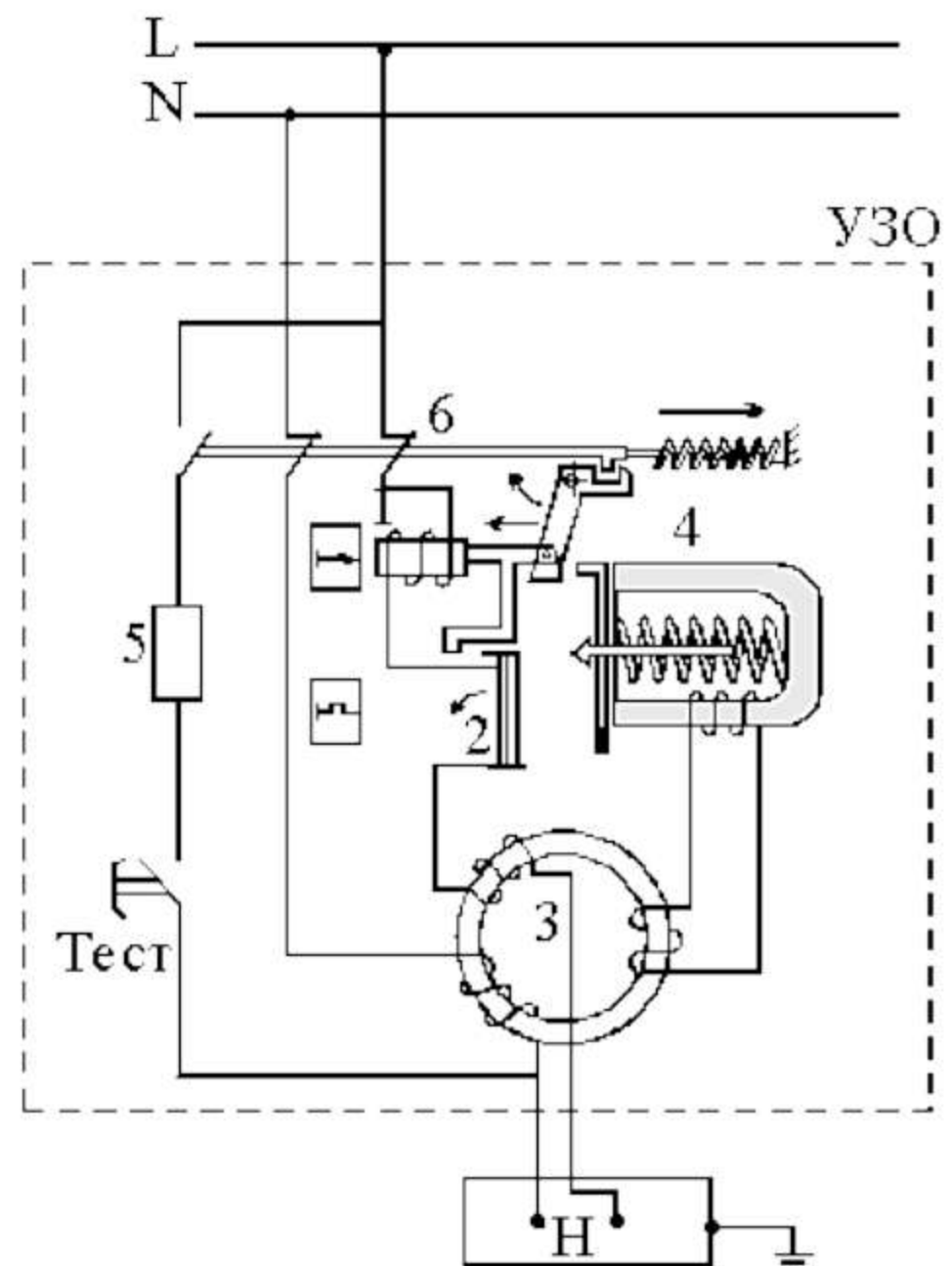


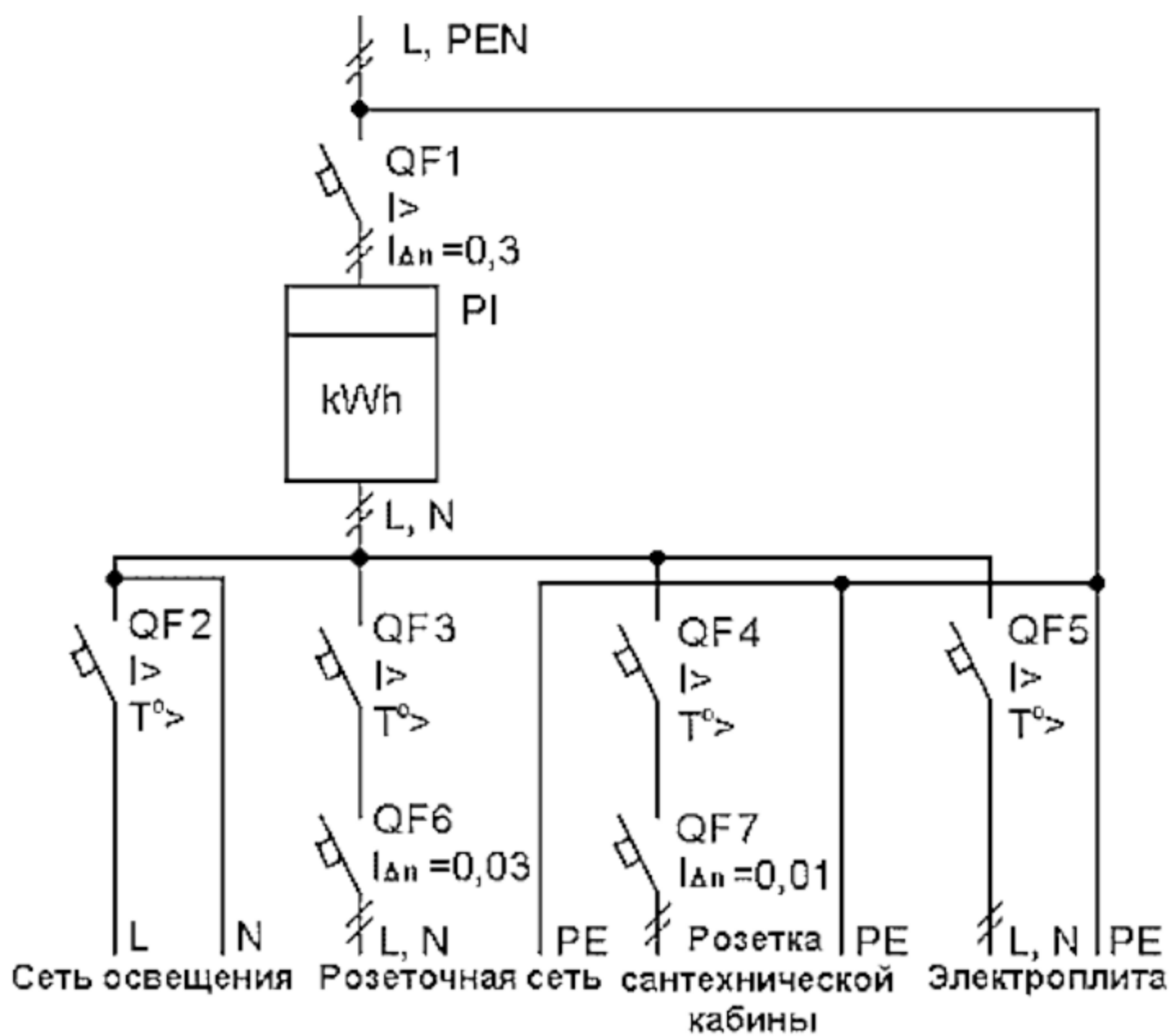
Рис. 5.3. Устройство УЗО со встроенной защитой от сверхтоков:

1 - катушка токовой отсечки; 2 - биметаллическая пластина; 3 - дифференциальный трансформатор тока; 4 - магнитоэлектрический расцепитель, реагирующий на дифференциальный ток; 5 - тестовый резистор; 6 - силовые контакты; Н - нагрузка; Т - кнопка "Тест"

**Обеспечение селективной работы УЗО.** Для обеспечения требований селективной работы нескольких УЗО в радикальных схемах электрических цепях электроустановки здания необходимо учитывать следующие факторы.

1. В силу специфики технических параметров УЗО (в первую очередь очень высокое быстродействие) невозможно обеспечить селективность срабатывания последовательно включенных УЗО по току утечки при значениях уставок 10, 30, 100 мА.
2. В некоторых случаях (в практике очень редких) селективность работы УЗО обеспечивается путем применения устройств с выдержкой времени (УЗО с индексом "G", "S").

В альтернативном варианте возможно применение УЗО с разнесенными значениями уставок – например, 10 и 100 мА, 30 и 300 мА, что в отдельных случаях, несомненно, обеспечит повышенную надежность защиты жизни человека и его имущества (рис. 5.5).



Электроснабжение квартиры с системой TN-C-S

Целесообразно применение наряду с основным, дополнительного УЗО, установленного у конечного потребителя (например, электроинструмент, электробытовая техника). УЗО противопожарного назначения с уставками 300, 500 мА, как правило, имеют исполнение с выдержкой времени.

В некоторых случаях, для определенных потребителей значение уставки задается нормативными документами. В ГОСТ Р 50669-94 применительно к зданиям из металла или с металлическим каркасом задается значение уставки УЗО не выше 30 мА. Временные указания предписывают: для сантехнических кабин, ванн и душевых устанавливать УЗО с током срабатывания:

– 10 мА, если на них выделена отдельная линия; в остальных случаях, (например, при использовании одной линии для сантехнической кабины, кухни и коридора) допускается использовать УЗО с уставкой 30 мА;

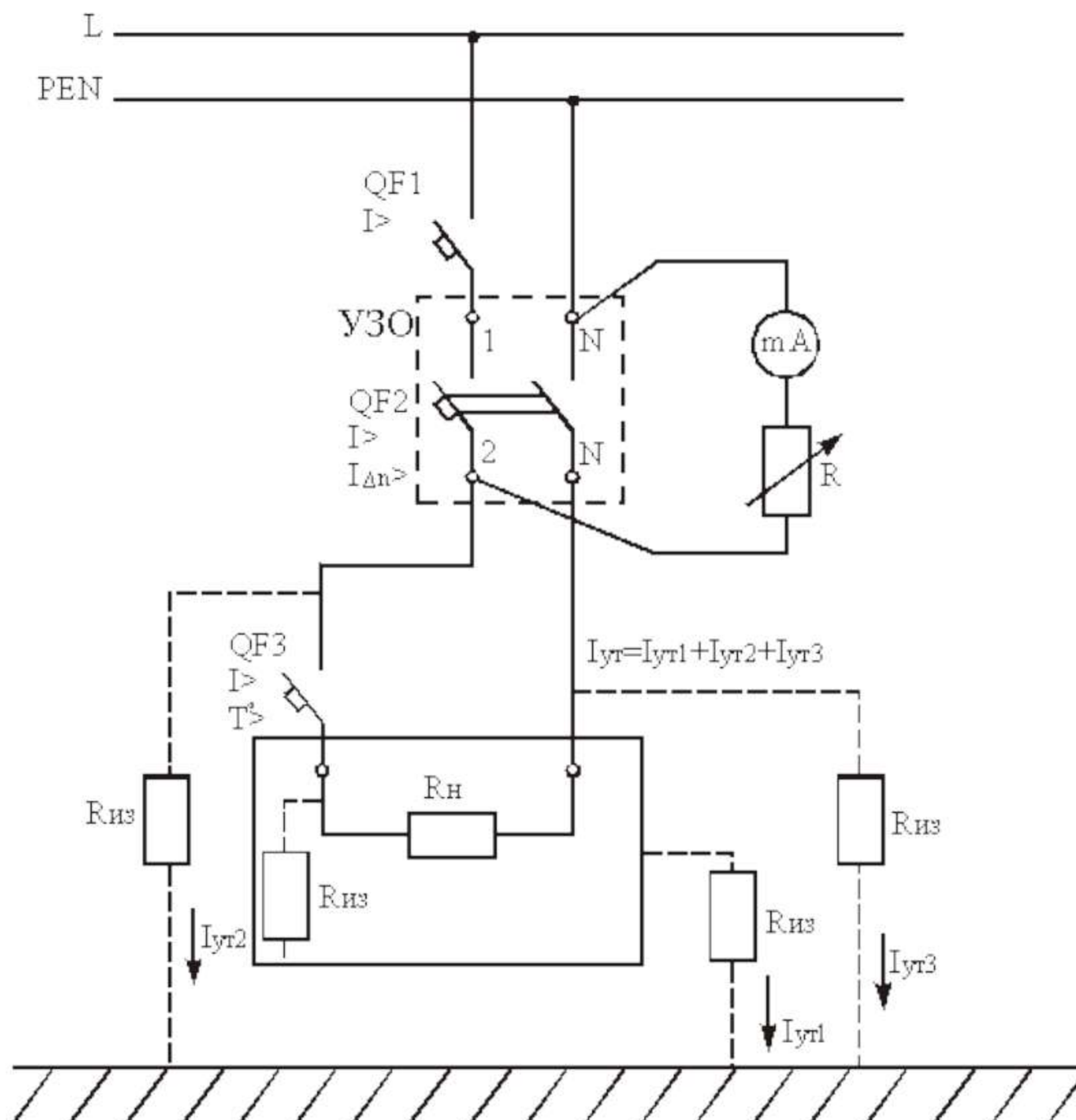
– в индивидуальных жилых домах для групповых цепей, питающих штепсельные розетки внутри дома, включая подвалы, встроенные и пристроенные гаражи, а также в групповых сетях, питающих ванне комнаты, душевые и сауны УЗО с уставкой 30 мА;

– для устанавливаемых снаружи штепсельных розеток УЗО с уставкой 30 мА.

### Определение порога срабатывания (дифференциального отключающего тока – $I_D$ ) УЗО.

1. Отключить от установленного в электроустановке УЗО цепь нагрузки с помощью двухполюсного автоматического выключателя. В том случае, если в электроустановке применен однополюсный автоматический выключатель, при выполнении данного измерения для достижения необходимой точности необходимо отсоединить и нулевой рабочий проводник.
2. С помощью гибких проводников подключить к указанным на схеме клеммам УЗО измерительную цепь с переменным резистором и миллиамперметром. Переменный резистор первоначально должен находиться в положении максимального сопротивления.
3. Плавно снижать сопротивление резистора.
4. Зафиксировать показание миллиамперметра в момент срабатывания УЗО.
5. Зафиксированное значение тока является отключающим дифференциальным током –  $I_D$  данного экземпляра УЗО, которое согласно требованиям стандарта ГОСТ Р 50807-95 должно находиться в диапазоне  $0,5I_{Dn} \dots I_{Dn}$ .

В том случае, если значение  $I_D$  выходит за границы данного диапазона, УЗО подлежит замене.



. Схема измерения порога срабатывания и тока утечки УЗО

## **Выявление дефектных цепей электроустановки.**

Если определенное по данной методике значение тока утечки  $I_{ут}$  в зоне защиты УЗО превышает  $1/3$  номинального отключающего дифференциального тока УЗО, то это означает, что в зоне защиты имеется дефектная цепь. Для обнаружения дефектных цепей электроустановки проводят измерение тока утечки по вышеизложенной методике с последовательным отключением электрических цепей и электроприемников. После устранения дефекта изоляции, являющегося причиной повышенного тока утечки, необходимо провести повторное измерение тока утечки в электроустановке.

## **Порядок выполнения работы**

1. Используя УЗО, размещенные на лабораторном стенде и выданные для ознакомления преподавателем, а также изучите их конструкцию.
2. Изучите принципиальную электрическую схему электроснабжения объекта с системой TN-C-S .  
**Прежде чем собирать схему, убедитесь в том, что отключены автоматический выключатель, питающий стенд и УЗО. Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов.**
3. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими клеммами блока зажимов на лабораторном стенде согласно рабочей схеме.
4. **После проверки преподавателем схемы, осуществите подачу напряжения на электродвигатель (путем нажатия кнопки «Пуск» SB2) и электронагреватель (соедините вилку XP и розетку XS).**

**Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.**

**При возникновении аварийных ситуаций: гудении электродвигателя, появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF1 и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.**

5. По вышеизложенным методикам проведите измерение порога срабатывания УЗО и тока утечки в зоне защиты УЗО. **После успешных измерений – отключите автоматический выключатель QF1. Результаты измерений покажите преподавателю и с его согласия демонтируйте соединительные провода. Сдайте провода лаборанту.**

## **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Схема электроснабжения квартиры с системой TN-C-S.

## **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение УЗО?
2. Объясните принцип действия электронных УЗО.
3. Расскажите, как устроено электромеханическое УЗО.
4. Объясните принципиальную схему работы УЗО, реагирующего на ток утечки.
5. Укажите основные характеристики УЗО.



6. Опишите принцип выбора уставок УЗО.
7. Как определить порог срабатывания УЗО?
8. От каких аварийных режимов работы электрооборудования и сети защищает УЗО?
9. Как УЗО предотвращает пожары от электроустановок зданий?
10. Как обеспечить селективность работы нескольких последовательно включенных УЗО?

### **Практическая работа № 11**

**Тема:** Монтаж квартирного щитка и счётчика электрической энергии

**Цель:** Изучить порядок и правила монтажа квартирного щитка осветительной сети, а также установки, проверки и включения счетчика электрической энергии.

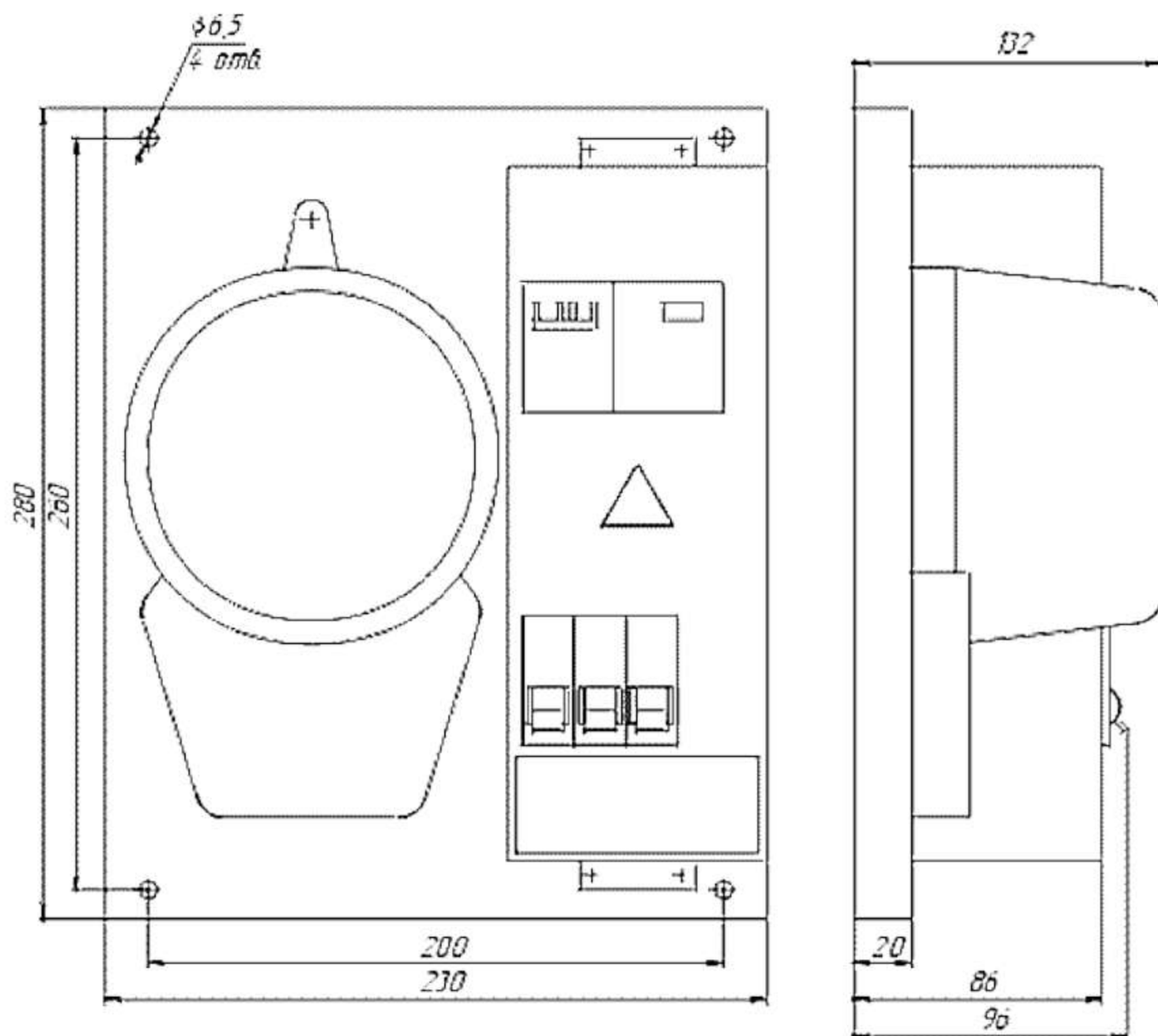
**Теория и пошаговые инструкции:**

Задание к работе

1. Изучить устройство квартирного щитка.
2. Изучить устройство, принцип действия однофазных и трехфазных счетчиков электрической энергии.
3. Усвоить правила установки и проверки счетчика.
4. Собрать электрическую цепь, состоящую из однофазного счетчика и ламп накаливания, включенных через однофазные автоматические выключатели.

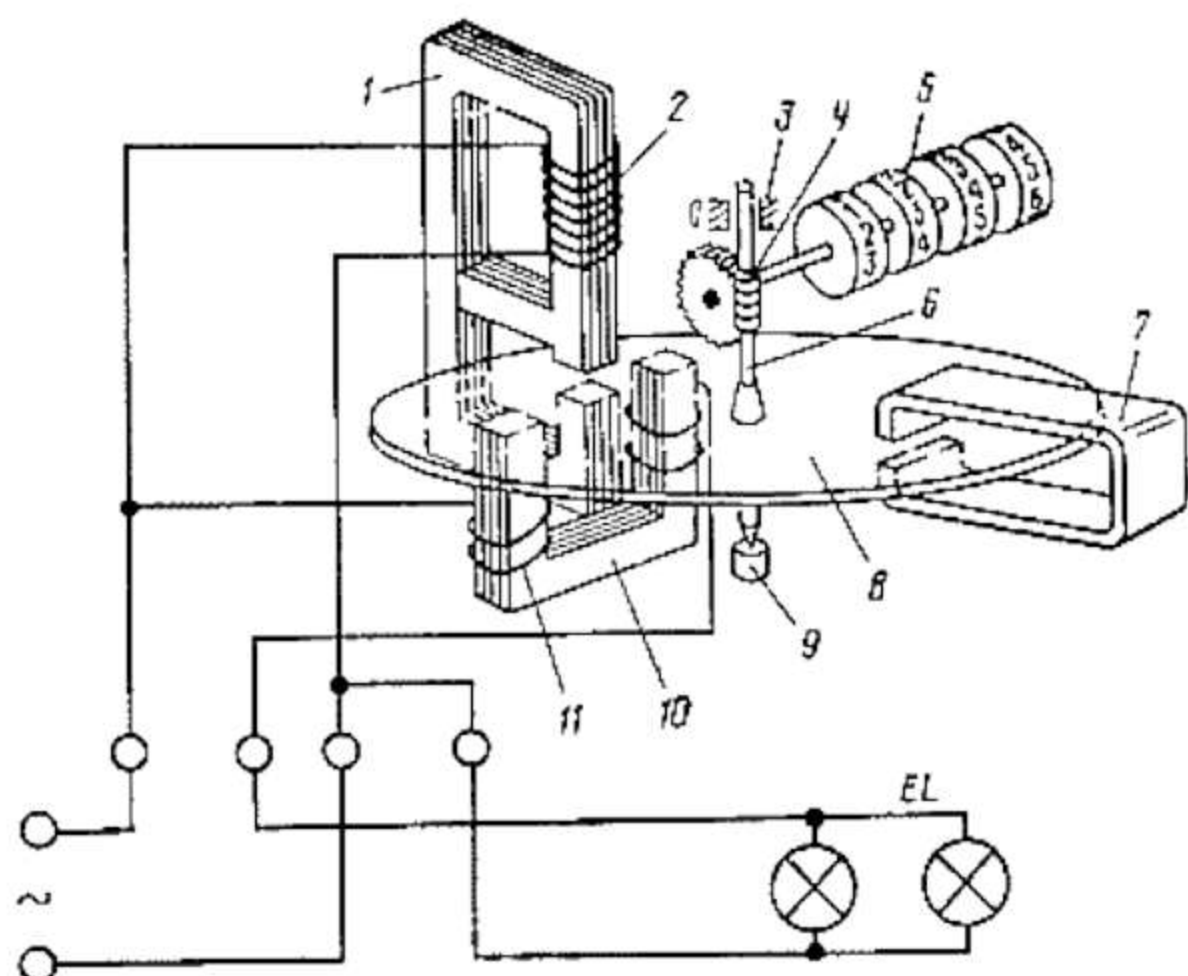
Общие сведения

Учёт израсходованной электрической энергии потребителями осуществляется счётчиками (однофазными или трёхфазными) .



Общий вид ЩКН2-40А/Сч/3

Устройство и схема подключения однофазного индукционного счётчика показаны на рисунке. В зазоре между магнитопроводами обмотки напряжения 1 и токовой обмотки 10 размещён подвижный алюминиевый диск 8, насаженный на ось 6, установленную в пружинящем подпятнике 9 и верхней опоре 3. Через червячный редуктор 4 вращение диска передаётся счётному механизму 5. Магнитопровод катушек счётчика набирают из отдельных листов электротехнической стали толщиной 0,35...0,5 мм, которые изолированы один от другого, что уменьшает потери от вихревых токов в магнитопроводе.



Устройство и схема включения однофазного счетчика электрической энергии:

- 1 - магнитопровод обмотки напряжения;
- 2 - обмотка напряжения; 3 - верхняя опора;
- 4 - червячный редуктор; 5 - счетный механизм; 6 - ось;
- 7 - постоянный магнит; 8 - алюминиевый диск; 9 - подпятник;
- 10 - магнитопровод токовой обмотки;
- 11 - токовая обмотка

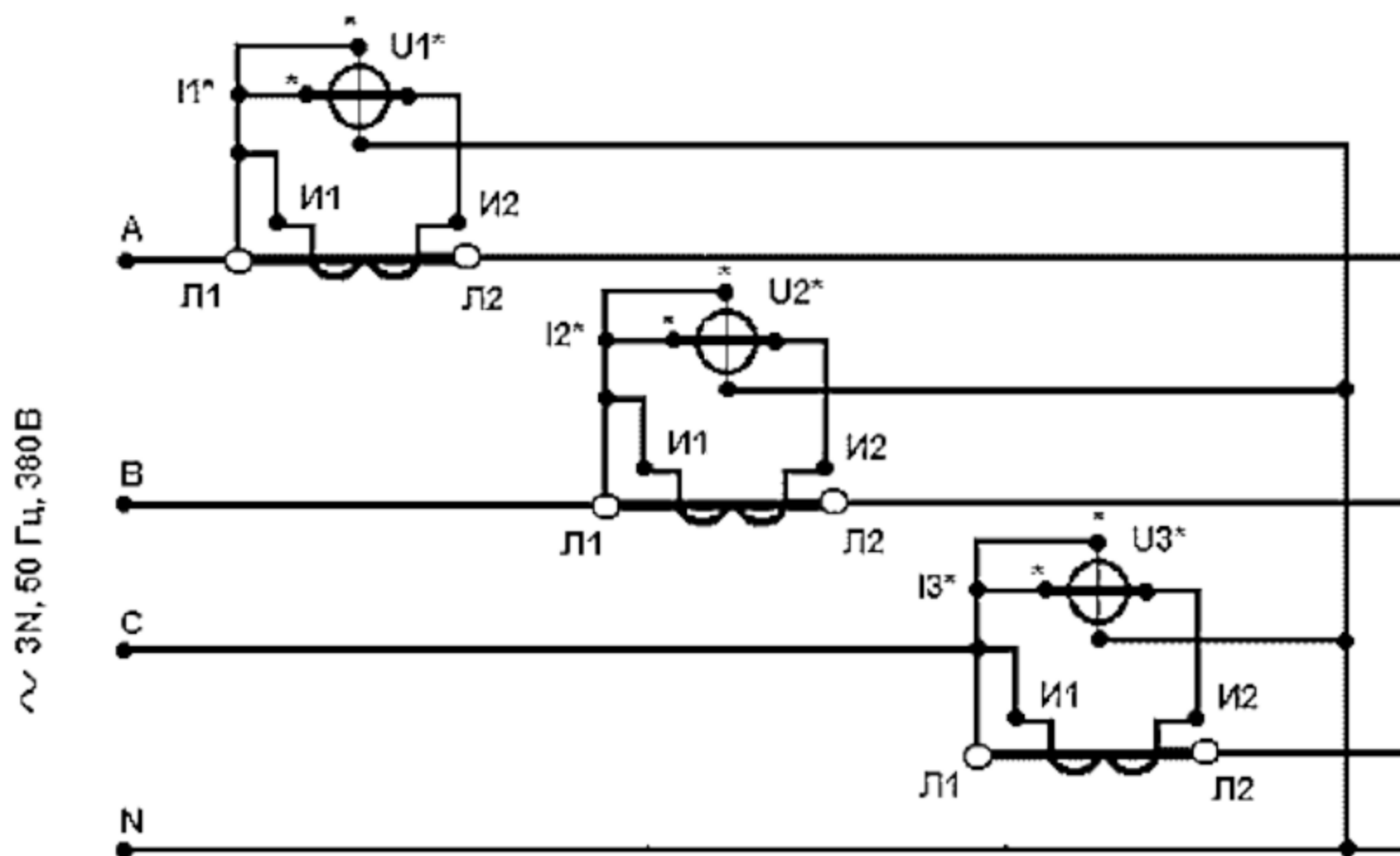


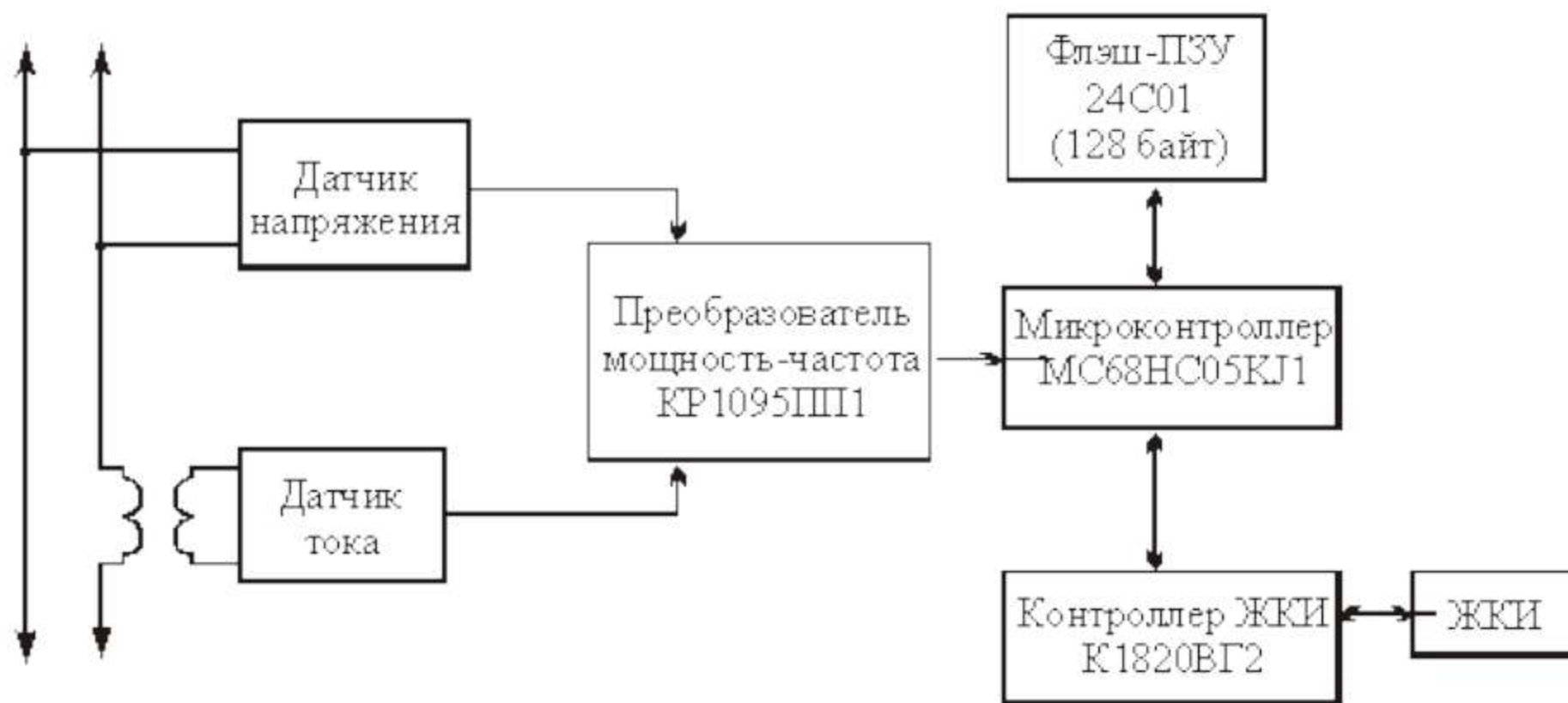
Схема включения счётчика активной энергии в сеть через трансформаторы тока в четырёхпроводной системе

**Цифровые счетчики электрической энергии (ЦСЭ)**, в связи с переходом на микроконтроллерное управление, имеют очевидные преимущества [7]:

- в ЦСЭ достижим практически любой класс точности. Отсутствие трущихся механических частей значительно повышает надежность устройства;
- обработка аналоговой информации в цифровом виде принципиально позволяет одновременно определять как активную, так и реактивную составляющие мощности
- появляется возможность создания многотарифных счетчиков.
- в ЦСЭ несложно реализовать внешний интерфейс, по которому можно считывать показания счетчиков, изменять тарифы, производить диагностику и управление.
- применение цифровой базы делает возможным создание автоматизированной изолированной системы потребления, учета, распределения энергии и платежей.

В простейшем случае ЦСЭ, когда требуется лишь измерение числа импульсов, вывод информации на дисплей и защита при аварийных сбоях напряжения питания (то есть, фактически, цифрового функционального аналога существующих механических счетчиков), система может быть построена, например, на базе простейшего микроконтроллера фирмы Motorola MC68HC05KJ1.

Блок-схема ЦСЭ



Блок-схема простейшего ЦСЭ



Общий вид счетчика ЦЭ 6822

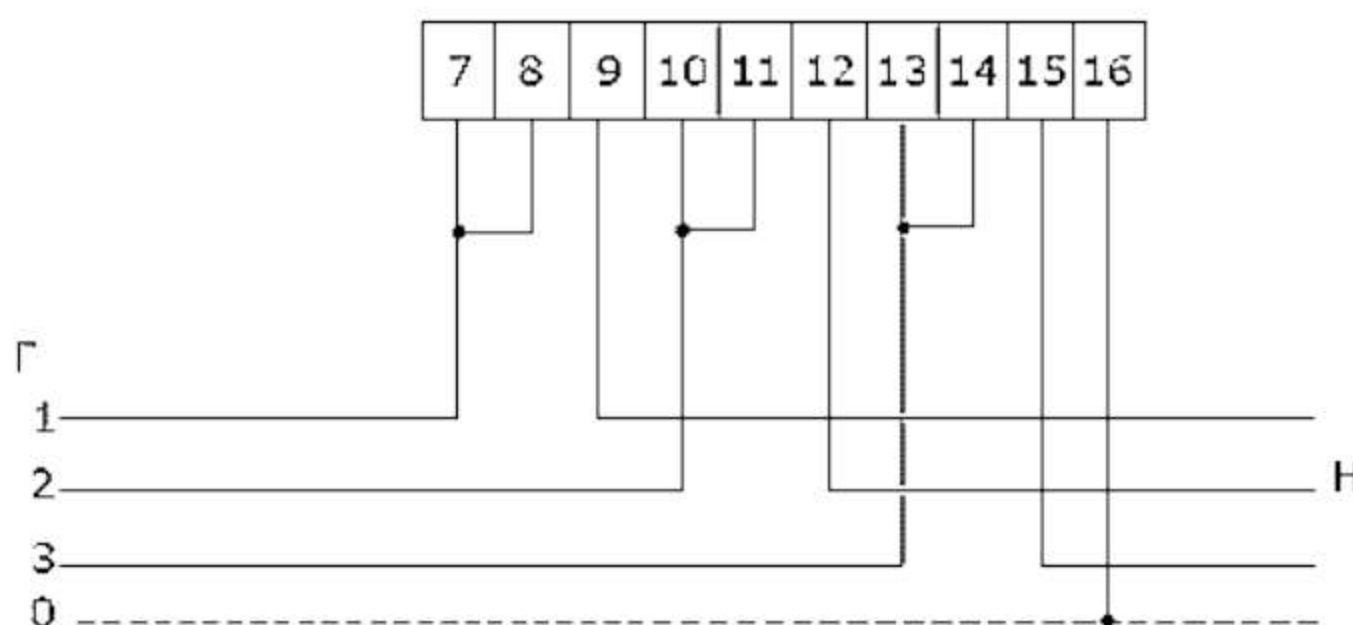


Схема подключения счетчика ЦЭ 6822

### Технические характеристики счетчика ЦЭ 6822

Наименование показателя	Величина
Класс точности*	1,0 и 2,0
Частота измерительной сети, Гц	50±2,5 (60±3)
Номинальное фазное напряжение, В	3×220
Номинальная сила тока ( $I_{ном}$ )*, А	5 или 10
Максимальная сила тока*, А	50 или 100

Порог чувствительности (для соответствующего класса точности), мА	$25\% \cdot I_{ном}; 0,5\% \cdot I_{ном}$
Полная потребляемая мощность параллельной цепи, В·А	2
Полная потребляемая мощность последовательной цепи, В×А	0,5
Интерфейс	RS485 или ИРПС; оптический порт
Погрешность хода часов (при нормальных условиях эксплуатации), не более, (с/сут)	0,5
Диапазон рабочих температур, °С	от -20 до +55
Межповерочный интервал	8 лет
Срок службы	24 года
Габаритные размеры, мм	177×282×85
Масса, не более, кг	3,0

### Порядок выполнения работы

1. Изучите конструкцию однофазного счётчика размещённого на лабораторном стенде и трехфазного – на стенде наглядных пособий, расположенном над лабораторным стендом.
2. На лабораторном стенде изучите монтажную схему группового щитка с однофазным счётчиком в совокупности с нагрузкой, защитной аппаратурой и измерительными приборами.
3. Определите с помощью мегомметра или мультиметра номера клемм блока зажимов, к которым подсоединены лампы накаливания EL1...EL3, однофазный индукционный счётчик РІ и автоматические выключатели QF2...QF4.

**Прежде чем начать собирать электрическую схему, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель QF1.**

**Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов.**

4. На лабораторном стенде монтажными проводами соберите рабочую схему.

После проверки преподавателем схемы осуществите её включение автоматическим выключателем QF1.

**Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.**

**Во избежание попадания осколков лампы накаливания в случае взрыва колбы по какой-либо причине, лампы необходимо закрыть защитным колпаком.**

**При возникновении аварийных ситуаций: зашкаливании приборов, появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF1 и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.**

5. С помощью QF2, QF3 и QF4 установите номинальный ток и в течение 3 - 5 минут «прогрейте» счётчик.
6. Установите нагрузку  $0,5I_n$ ,  $0,75I_n$ ,  $I_n$  и определите время по секундомеру для каждого значения нагрузки соответствующее 50 оборотам диска счётчика.
7. По данным п. 6 произведите расчёты (табл. 7.3) и постройте зависимость  $g=f(I_n)$ .

8. Покажите результаты измерений и вычислений преподавателю. В случае положительных результатов опытов – обесточьте стенд и отсоедините провода от блоков зажимов стенда. Провода сдайте лаборанту.

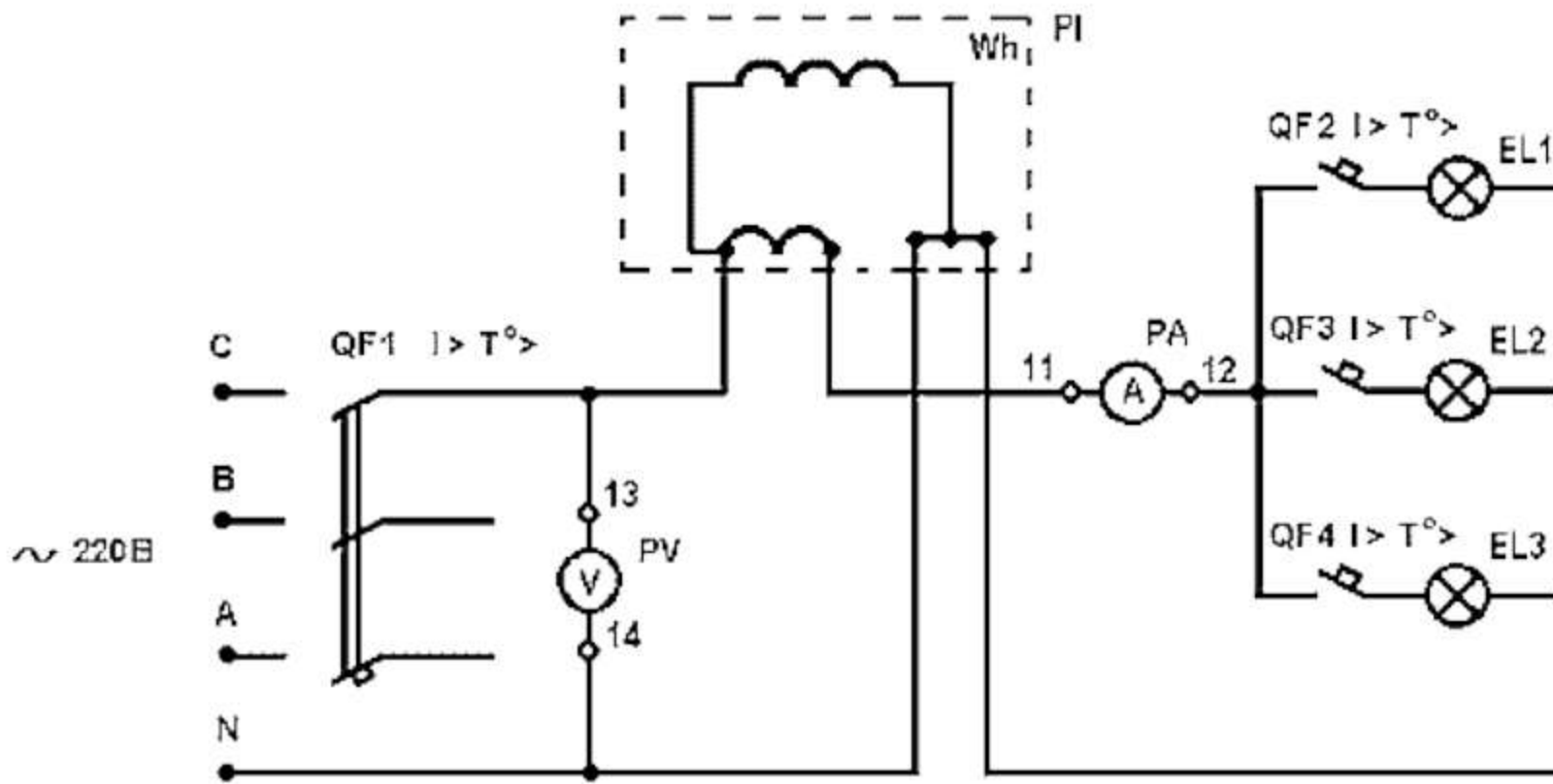


Схема подключения однофазного индукционного счётчика

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание группового щитка и принципа работы однофазного счетчика.
3. Представьте рабочие схемы .
4. Расчеты по определению  $g$  (%).
5. Выводы о пригодности счетчика к работе.

### Контрольные вопросы

1. Почему в электрической цепи предохранители или автоматы включаются после счетчика?
2. Как устроен однофазный индукционный счетчик?
3. Каков принцип действия индукционного счетчика электроэнергии?
4. Что такое постоянная счетчика и как её определяют?
5. Каким образом определить самоход счетчика?
6. Почему при наличии самохода счетчик не пригоден для работы?
7. Как можно изменить пределы измерения счетчика?
8. Как устроен электронный счетчик?
9. Какие преимущества имеет электронный счетчик электроэнергии перед индукционным?
10. Что понимается под многотарифным учетом электроэнергии?

## Практическая работа №12

**Тема:** Применение логических контроллеров в схемах освещения.

**Цель:** Изучить работу схемы управления освещением, выбрать корректные логические элементы, создать блочную схему управления на платформе LOGO Soft., проверить ее работоспособность и сохранить проект.

**Студент должен знать:**

- названия и назначение комбинированных логических элементов.
- условные обозначения комбинированных логических элементов.

**Студент должен уметь:**

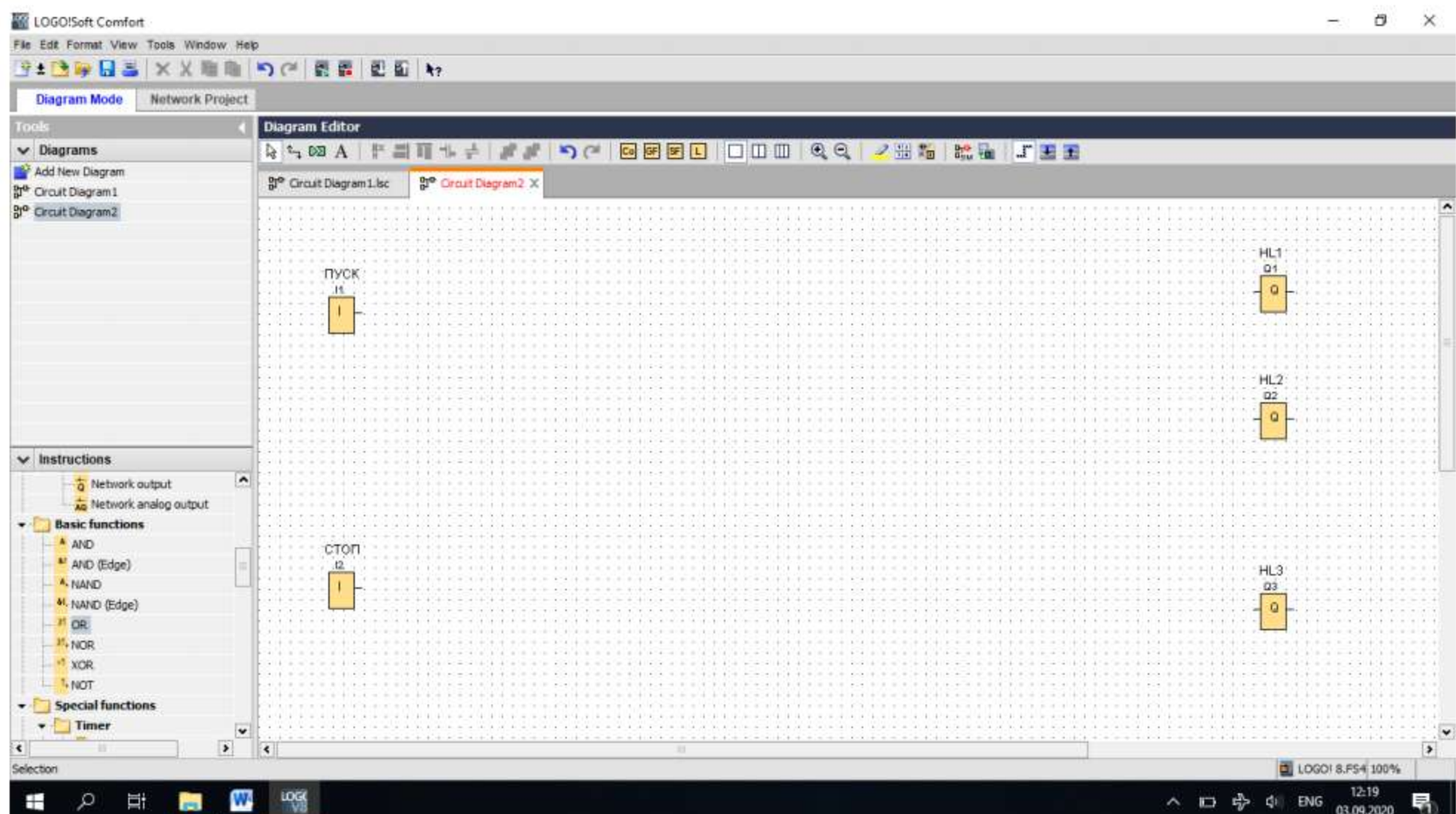
- открывать интерфейс программы.
- создавать новые проекты в ПО.
- сохранять созданные проекты.
- запускать режим «имитации» для проверки схем

**Теория и пошаговые инструкции:**

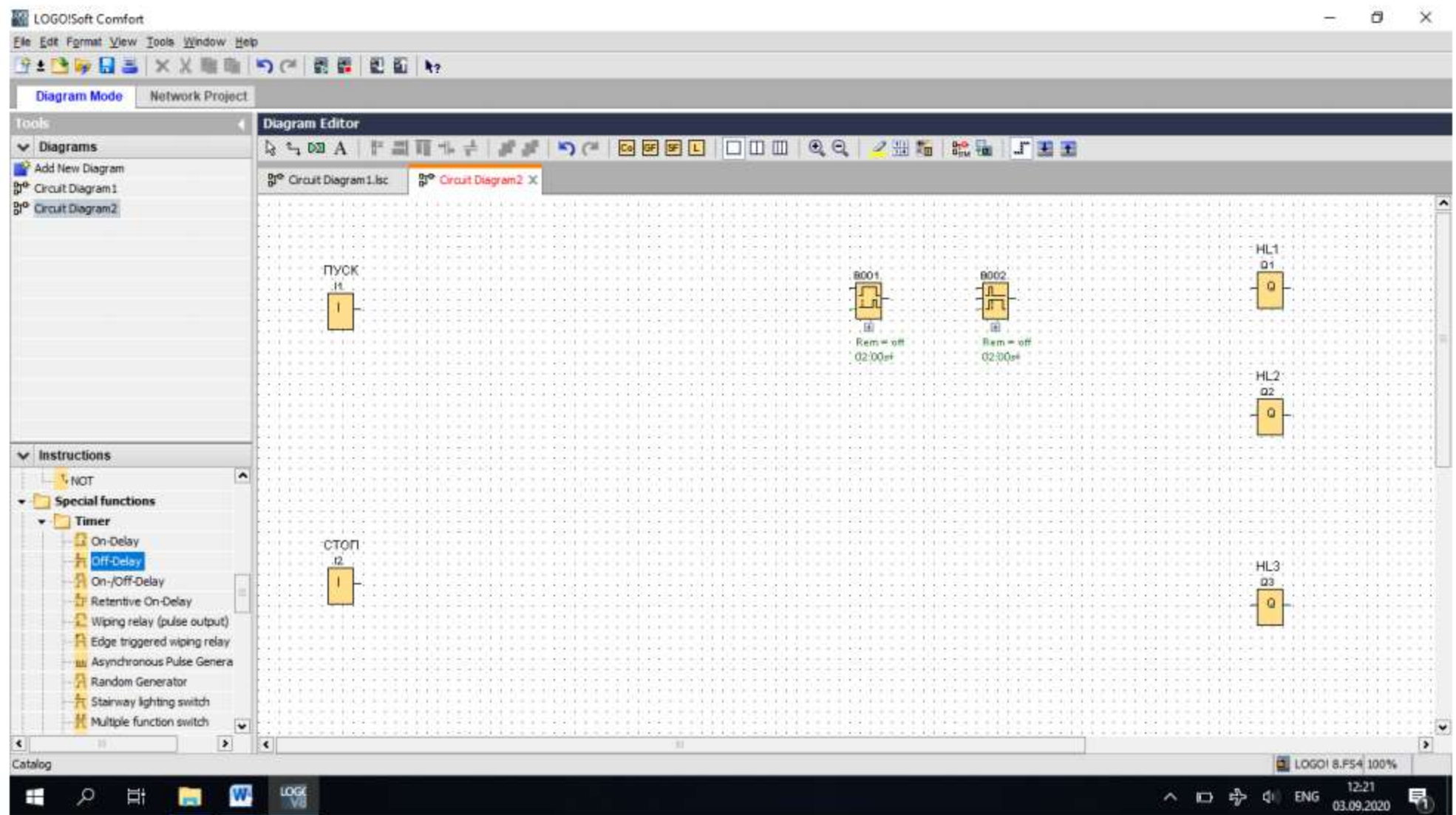
Необходимо создать схему управления освещением со следующим алгоритмом работы:

В момент поступления сигнала с датчика движения загорается лампа HL1 на 5 секунд, остальные лампы не горят, через 5 секунд лампа HL1 гаснет и на 5 секунд загорается лампа HL2, через 5 секунд лампа HL2 гаснет и на 5 секунд загорается лампа HL3, лампы HL1 и HL2 при этом не горят.

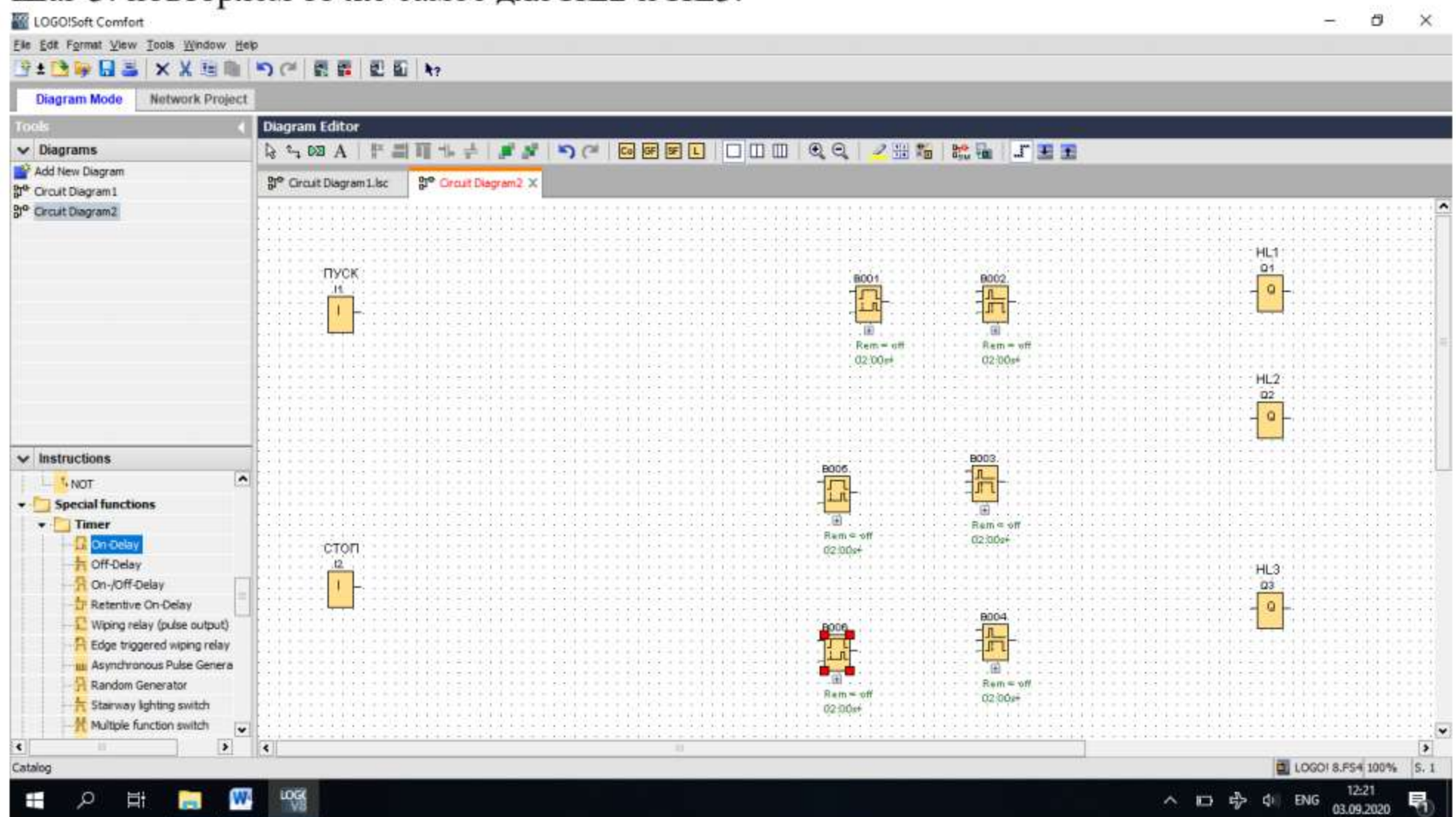
**Шаг 1:** выставляем на поле входы (ПУСК, СТОП) и выходы (HL1, HL2, HL3).



**Шаг 2:** Выставляем элементы ON-DELAY и OFF-DELAY для HL1 и выставляем таймеры по 5 сек.

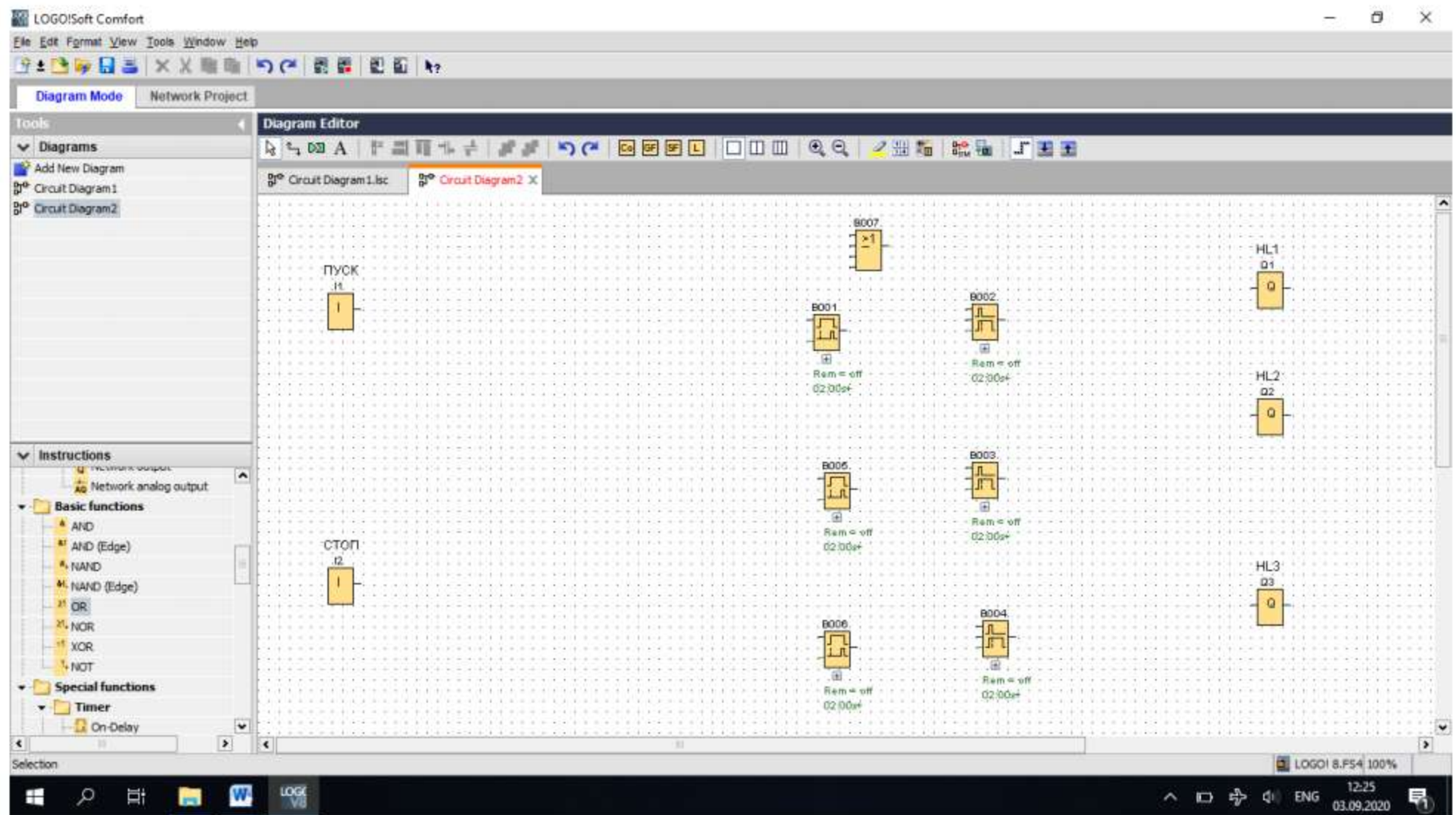


Шаг 3: повторяем то же самое для HL2 и HL3.

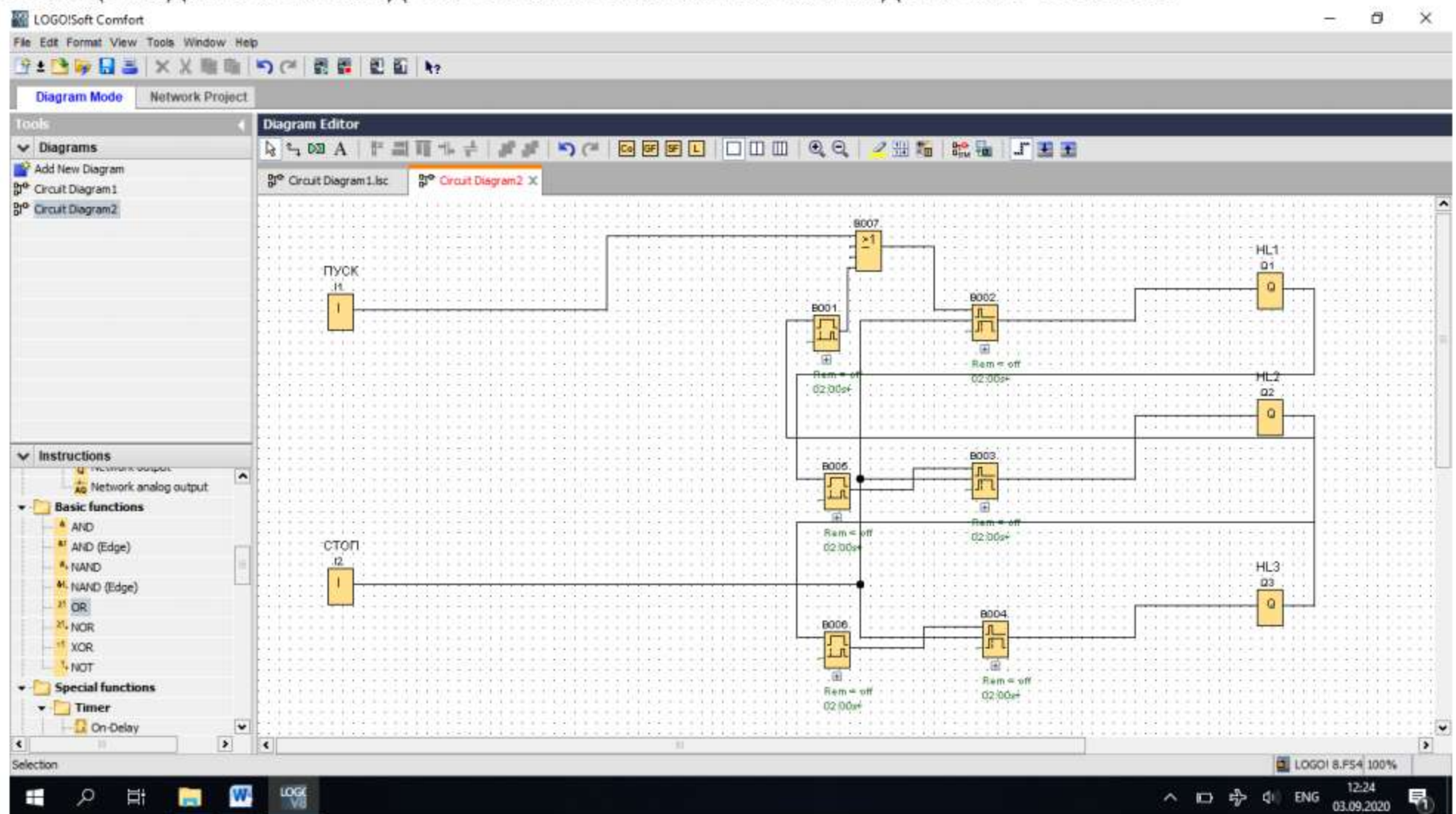


Шаг 4: добавляем элемент OR для HL1, это будет нужно для того, чтобы цепь шла по кругу без повторного нажатия на кнопку ПУСК.





Шаг 5: С элемента ПУСК проводим связь на OR, затем на контакт OFF-DELAY, а с него на HL1. С HL1 проводим логическую связь на ON-DELAY(HL2), потом на OFF-DELAY(HL2) и на лампу HL2. Повторяем то же самое с HL3. С выхода HL3 проводим связь на ON-DELAY(HL1), а с него уже на контакт OR. В конце подключаем вход СТОП на все R контакты каждого OFF-DELAY.



Задание:

- Самостоятельно выбрать корректные логические элементы.
- Увязать элементы между собой с помощью логических связей.
- Проверить работоспособность схемы в режиме имитации.
- Сохранить проект

## Практическая работа № 13

**Тема:** Составление дефектной ведомости на трансформатор

**Цель:** научиться выполнять осмотр и поиск неисправностей трансформатора

**Оборудование и/или программное обеспечение:** компьютер с DVD-приводом и (или) устройство, подключенное к интернету, нормативные документы

### Теоретическая часть

#### Основные виды повреждений трансформаторов

Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений
Магнитопровод			
Дефектность межлистовой изоляции	Ухудшение состояния масла (понижение температуры вспышки, повышенная кислотность). Увеличение потерь холостого хода	Перегревы, вызываемые вихревыми токами или токами в короткозамкнутых контурах, образующихся в результате нарушения изоляции активной стали в местах соприкосновения со стяжными шпильками, наличия забоин и т. п., а также нарушения схемы заземления. Влага, которая конденсируется на поверхности масла, попадает на верхнее ярмо, проникает между пластинами активной стали в виде водомасляной эмульсии (смеси влаги с горячим маслом), разрушает межлистовую изоляцию и вызывает коррозию стали	Внешний осмотр трансформатора при вынутой активной части Специальные испытания: замер потерь холостого хода при зашихтованном ярме с контрольной обмоткой; замер напряжений между крайними пластинами и пакетами возбужденного магнитопровода Анализ масла Проверка изоляции стяжных шпилек или бандажей мегомметром

<p>Местное замыкание пластин стали и «пожар» в стали</p>	<p>Появление газа в газовом реле и работа газовой защиты на сигнал. Понижение температуры вспышки масла. Специфический резкий запах и темный цвет масла вследствие его</p>	<p>Наличие каких-либо посторонних металлических или токопроводящих частиц, замыкающих в данном месте пластины стали. Повреждение изоляции стяжных шпилек, создающее короткозамкнутый контур.</p>	<p>То же</p>
--	--	--	--------------

	разложения (крекинг-процесс)	Касание какой-либо металлической части и стержня в двух точках.	
Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений
	Повышение потерь и тока холостого хода	Местное повреждение изоляции пластин стали, вызывающее замыкание пластин стали. Неправильное заземление, создающее короткозамкнутый контур. Разрушение или отсутствие изолирующих прокладок в стыках стыкового магнитопровода	
Повышенная вибрация магнитопровода	Ненормальное гудение, дребезжание, жужжание у шихтованного магнитопровода. Недопустимое гудение у стыкового магнитопровода	Ослабление прессовки магнитопровода Самопроизвольное разболчивание и свободное колебание крепежных деталей. Колебание отстающих крайних листов стали в стержнях или ярмах. Ослабление прессовки стыков. Пробой или разрушение изолирующих прокладок в стыках	Внешний осмотр активной части Проверка величины напряжения, подаваемого на трансформатор
Обрыв заземления	Потрескивание внутри трансформатора при повышенном напряжении	Ослабление крепления или механические повреждения заземления	Внешний осмотр заземлений при вынутой активной части
Увеличены зазоры в стыках между пластинами активной части Завышена толщина прокладок в стыках ярм и колонн в стыковом магнитопроводе	Повышенный ток холостого хода при нормальных потерях холостого хода	Плохая шихтовка. Толщина прокладок в стыковом магнитопроводе у трансформаторов IV—VI габаритов больше 1 мм	Проверка потерь и тока холостого хода Внешний осмотр при вынутой активной части
<b>Обмотки</b>			
Витковое замыкание	Работа газовой защиты на отключение (газ — горючий, бело-серого или синеватого цвета). Ненормальный нагрев, иногда с характерным	Разрушение витковой изоляции из-за старения в результате естественного износа или длительных перегрузок при недостаточном	Внешний осмотр активной части Испытания: замер сопротивлений постоянному току; три специальных испытания

	<p>бульканием масла. Небольшое увеличение первичного тока. Разные сопротивления отдельных фаз постоянному току. Работа дифференциальной, а также максимальной токовой защиты, если последняя установлена на стороне первичной обмотки (при значительных повреждениях)</p>	<p>охлаждении. Нарушение изоляции витков из-за механических повреждений в результате толчков или деформации обмоток при коротких замыканиях и других аварийных режимах. Обнажение обмоток вследствие понижения уровня масла. Дефекты изоляции провода или самого провода (заусенцы, внутренние раковины, плохая пайка), незамеченные при изготовлении обмоток. Неправильная укладка и выполнение переходов. Неправильная опрессовка Обмоток</p>	<p>при пониженном напряжении с поочередным замыканием одной из фаз; прожиг обмотки для обнаружения виткового замыкания при открытой активной части путем подвода к обмотке пониженного напряжения (10—20% номинального) ; в месте повреждения появится дым (при прожиге обмотки необходимо принять меры противопожарной безопасности) Выявление виткового замыкания искателем Порозова Проверка состояния и работы охлаждающих устройств Проверка обмоток амперметрами, включенными в отдельные фазы Измерение сопротивлений обмоток мегомметром при соединении их звездой Измерение сопротивлений обмоток постоянному току между линейными вводами при соединении в треугольник. При полном обрыве одной фазы результаты двух замеров равны. При этом каждый замер равен сопротивлению фазы. Третий замер фазы, где произошел обрыв, дает двойную величину сопротивления. При наличии неполного обрыва фазы величина ее сопротивления будет несколько больше, чем у</p>
Обрыв в обмотках	<p>Работа газовой защиты вследствие дуги, возникающей в месте обрыва и разлагающей масло</p>	<p>Отгорание выводных концов вследствие электродинамических усилий при коротких замыканиях или из-за плохих соединений. Некачественная пайка проводов. Выгорание части витков вследствие виткового замыкания в Обмотке</p>	<p>Порозова Проверка состояния и работы охлаждающих устройств Проверка обмоток амперметрами, включенными в отдельные фазы Измерение сопротивлений обмоток мегомметром при соединении их звездой Измерение сопротивлений обмоток постоянному току между линейными вводами при соединении в треугольник. При полном обрыве одной фазы результаты двух замеров равны. При этом каждый замер равен сопротивлению фазы. Третий замер фазы, где произошел обрыв, дает двойную величину сопротивления. При наличии неполного обрыва фазы величина ее сопротивления будет несколько больше, чем у</p>
Пробой на корпус	<p>Работа газовой, максимальной токовой и дифференциальной защиты. Выброс масла через предохранительную трубу</p>	<p>Дефектность главной изоляции вследствие старения или наличия трещин, отверстий, изломов, мятых неровных краев, а также наличия пыли, ворсинок и т. д. Касание края цилиндра или барьера металлических частей прессующего устройства, в результате чего может возникнуть ползучий электрический разряд по изоляции из электрокартона. Понижение уровня масла. Попадание влаги или грязи внутрь трансформатора. Перенапряжения. Деформация обмоток при</p>	<p>Порозова Проверка состояния и работы охлаждающих устройств Проверка обмоток амперметрами, включенными в отдельные фазы Измерение сопротивлений обмоток мегомметром при соединении их звездой Измерение сопротивлений обмоток постоянному току между линейными вводами при соединении в треугольник. При полном обрыве одной фазы результаты двух замеров равны. При этом каждый замер равен сопротивлению фазы. Третий замер фазы, где произошел обрыв, дает двойную величину сопротивления. При наличии неполного обрыва фазы величина ее сопротивления будет несколько больше, чем у</p>

		коротких замыканиях	двух других Проверка мегомметром изоляции между обмотками и корпусом Испытание масла на анализ и электрическую прочность Внешний осмотр активной части
Междуфазное короткое замыкание обмотки	То же	Причины те же, что и при пробое на корпус, кроме того: замыкание на отводах, замыкание на Вводах	Внешний осмотр при вынутой активной части Проверка мегомметром
Замыкание параллельных проводов в витках непрерывной обмотки, близких к ее началу или концу	Увеличение потерь холостого хода при нормальном токе холостого хода	Причины те же, что и при витковом замыкании	Внешний осмотр мест подгаров изоляции витков при вынутой активной части Пофазные измерения потерь и токов холостого хода
Замыкание параллельных проводов в витках винтовой обмотки в месте транспозиции	Увеличение потерь короткого замыкания	Уравнительные токи в замкнутых контурах	Внешний осмотр мест потемнений и подгаров изоляции витков при вынутой активной части Пофазные измерения потерь короткого замыкания
Параллельные соединения катушек с неравным количеством витков	Перегрев обмоток от уравнительных токов	Уравнительные токи между параллельными ветвями	3. Проверка прибором Порозова. Внешний осмотр мест потемнений, подгаров и разрушений изоляции витков при вынутой активной части
Обрыв одного или нескольких параллельных проводов в витке обмотки	Увеличение потерь короткого замыкания, а также напряжения короткого замыкания	Причины те же, что при обрыве в обмотках	Измерение сопротивления обмоток постоянному току Измерение потерь и напряжения короткого замыкания Внешний осмотр мест потемнений, подгаров и разрушений изоляции витков при вынутой активной части.
<b>Переключатели</b>			
Оплавление или	Работа газовой	Дефекты конструкции или сборки (недостаточное	Внешний осмотр при вынутой активной части

выгорание контактных поверхностей	защиты, а иногда дифференциальной и максимальной токовой защит	нажатие контактов и упругость нажимных пружин). Перегревы от сверхтоков, возникающих при близких коротких замыканиях	Проверка мегомметром при наличии обрыва Измерение сопротивлений постоянному току на всех ответвлениях
Перекрытие между фазами или отдельными ответвлениями (дефект аналогичен междуфазному короткому замыканию обмоток)	Работа газовой, дифференциальной и максимальной токовой защит. Выброс масла через выхлопную трубу	Перенапряжения. Попадание влаги внутрь трансформатора. Дефекты в изолирующих частях (трещины, изломы и т. п.)	Внешний осмотр при вынутой активной части Проверка мегомметром
Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений

#### Высоковольтные вводы

Пробой на корпус	Работа максимальной токовой и дифференциальной защит	Наличие трещин в изоляторе. Понижение уровня масла при загрязненной внутренней поверхности изолятора	1. Внешний осмотр трансформатора 2. Отсоединение ввода и проверка его изоляции мегомметром
Перекрытие между вводами	То же	Попадание посторонних предметов на вводы	Внешний осмотр
Негерметичность уплотнений	Течь масла в местах уплотнений	Ослабление затяжки болтов. Дефектная уплотняющая прокладка	Внешний осмотр
Некачественная армировка ввода	Течь масла в месте армировки ввода	Дефекты в армировке (трещины и т. д.). Трещина в фарфоре изолятора, скрытая армировочной массой (просачивание масла через армировочные швы)	Внешний осмотр После съема ввода опустить фарфор в масло на несколько часов, затем тщательно протереть поверхность тряпками, опылить зубным порошком и нагреть до 40—50° С — из трещин выступит масло
Нагрев фарфоровых вводов	Появление трещин	Пробой фарфора вследствие дефекта в самом фарфоре	Внешний осмотр
Нагревы стального фланца ввода	—	Вихревые токи, нагревающие металл	Измерение температуры нагрева фланца

#### Бак, радиаторы, расширитель

Негерметичность уплотнений	Течь масла в местах уплотнений	Ослабление затяжки болтов. Дефектность уплотняющих прокладок	Внешний осмотр трансформатора
—	Течь масла через швы, трещины, пробоины и т. д.	Механические повреждения металлоконструкций	То же
<b>Трансформаторное масло</b>			
Ненормальное повышение температуры масла и местные нагревы		Неисправности в системе охлаждения (например, закрыты радиаторные краны, вышли из строя дутьевые вентиляторы). Перегрузка трансформатора. Внутренние повреждения в трансформаторе	Проверка работы системы охлаждения Проверка нагрузки и соответствия температуры масла данной нагрузке (по записям в журнале) Обследование активной части
Ухудшение качества масла		Внутренние повреждения, сопровождающиеся крекинг-процессом, когда газообразные продукты разложения масла растворяются в остальном масле, в результате чего понижается температура вспышки масла. Сопровождаемые разложением масла дугой — выделяемые при этом газы горючи и содержат водород и метан	Анализ масла Анализ выделяемых маслом газов Обследование активной части
—	Работа газовой защиты на сигнал	Попадание воздуха в реле. Медленное понижение уровня масла.	1. Анализ газов на количество, цвет, запах, горючесть. (Если газ без цвета, запаха и не горит, значит в реле попал воздух; если газ горит — имеется внутреннее повреждение в трансформаторе, по количеству газа судят о размере повреждения.
Основные виды повреждений	Признаки повреждений	Возможные причины повреждений	Способы выявления повреждений
—	Работа газовой защиты на отключение	Внутренние повреждения, сопровождаемые крекинг-процессом. Короткое замыкание, вызвавшее толчок масла	Цвет газа показывает характер повреждения (бело-серый — бумага и электрокартон, желтый — дерево, черный —



		через газовое реле Резкое понижение уровня масла. Внутренние повреждения, сопровождаемые сильным выделением горючих газов	масло) Анализ масла Внешний осмотр и выяснение причины снижения уровня масла То же
--	--	---	---

В таблице приведены только основные, наиболее характерные неисправности и дефекты силовых трансформаторов, с которыми приходится сталкиваться оперативному персоналу.

### Практическая часть

Рассмотреть возможные дефекты трансформатора. Пользуясь теоретической частью, специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, заполнить таблицу. Сделать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы.

Наименование детали, узла, элемента	Техническое состояние (описание дефекта, отклонение от нормы)	Заключение о необходимости устранения дефекта (дальнейшем использовании)
1. Магнитопровод		
2. Обмотки		
3. Переключатель		
4. Бак, радиаторы, расширитель		
5. Трансформаторное масло		

### Вопросы для контроля

1. Каковы проявления «пожара в стали»?
2. Цвет газов в газовом реле в случае межвиткового замыкания обмоток.
3. В каких случаях возможен выброс масла через предохранительную трубу?
4. Как определяется обрыв параллельных проводов в витке обмотки?
5. Что может привести к перекрытию изоляции между вводами?

### Литература

1. Александр Игнатьевич Ящура Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справочник
2. ГОСТ 27.002-89 НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. Основные понятия. Термины и определения

## Практическая работа № 14

**Тема:** Составление перечня работ по ремонту активной части

**Цель:** Научиться составлять перечень работ по ремонту активной части силового трансформатора

**Оборудование и/или программное обеспечение:** компьютер и (или) устройство, подключенное к интернету, нормативные документы

### Теоретическая часть

#### Ремонт магнитопровода.

1.1. Осмотреть ярмовые балки и прессующие винты. В случае значительной деформации консолей, их необходимо демонтировать, отшлифовать, подварить, тщательно очистить, обезжирить и окрасить.

1.2. Проверить состояние прессовки магнитопровода. При удовлетворительной прессовке лезвие ножа не должно входить между пластинами от усилия руки.

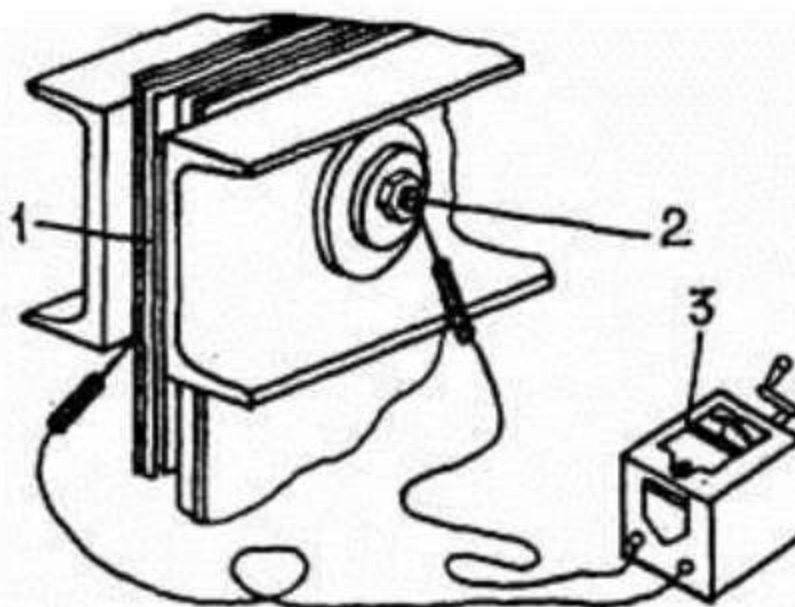
1.3. Внешним осмотром выявить места перегревов, забоин и шлакообразований, состояние изоляции и схемы заземления магнитопровода.

Признаками местных перегревов служат цвета побежалости (изменение нормального цвета стали на желтый, фиолетовый, синий). Шлакообразования имеют вид черной спекшейся массы.

1.4. Восстановить в доступных местах разрушенную межлистовую изоляцию конденсаторной бумагой или путем пропитки бакелитовым лаком с помощью кисточки. Выправить забоины и удалить шлакообразования.

1.5. Проверить чистоту вентиляционных каналов в магнитной системе. Промыть струей горячего трансформаторного масла.

1.6. При шпилечной стяжке (см. рис. 3) измерить мегаомметром 3 сопротивление изоляции стяжных шпилек 2 верхнего и нижнего ярм относительно магнитной системы.



1 - магнитопровод, 2 - стяжная шпилька, 3 - мегаомметр

**Рис. 3.** Измерение изоляции прессующих устройств магнитопровода шпилечной конструкции.

Если сопротивление изоляции шпильки значительно ниже остальных или равно нулю, необходимо отвинтить гайки, извлечь шпильку из ярмового отверстия вместе с изолирующей бумажно-бакелитовой трубкой и осмотреть ее. Если трубка и шпилька имеют признаки перегрева (обугливание изоляции, наличие цветов побежалости, оплавление) и при осмотре отверстия в ярме обнаружено замыкание кромок пластин, то верхнее ярмо следует разобрать и при необходимости пластины переизолировать. Поврежденные бумажно-бакелитовые трубки следует заменить.

1.7. Шпильки, укомплектованные трубками, электрокартонными и стальными шайбами, вставить в отверстия ярм, навинтить гайки и равномерно затянуть с двух сторон.

1.8. Отделить заземляющую шинку.

Проверить сопротивление изоляции ярмовых балок относительно магнитной системы.

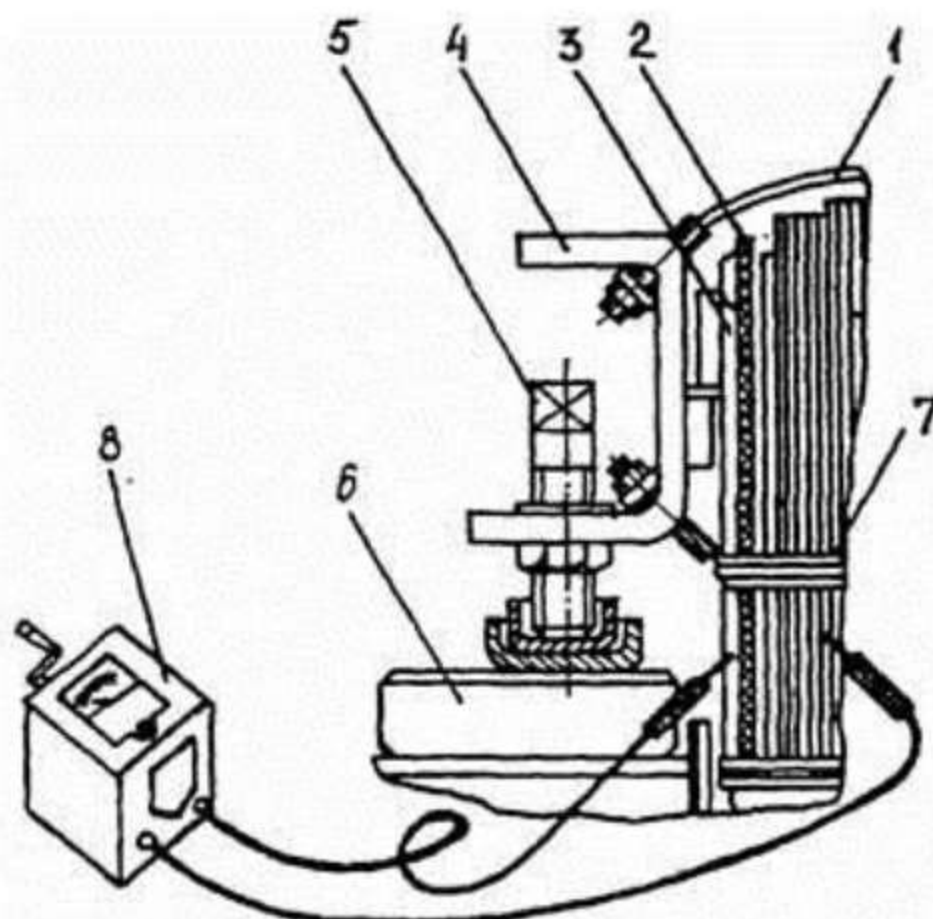
Если показатель качества изоляции соответствует нормам испытания, то заземляющую шинку установить на место.

Подпрессовать магнитопровод, для предотвращения ослабления гаек стяжных шпилек предохранить их от самоотвинчивания стопорными пластинами или кернением.

1.9. При обнаружении замыкания между заземленными частями конструкции магнитопровода при снятых шинках заземления, устранить замыкание путем создания зазора (не менее 8 мм по маслу) или прокладывания электрокартона толщиной более 3 мм в месте касания. При этом должны быть приняты меры, исключающие продавливание электрокартона. Электрокартонные прокладки надежно закрепить.

1.10. У магнитных систем бесшпильчатой конструкции (рис. 4) ярма следует подпрессовывать подтяжкой гаек на внешних шпильках и полубандажах 1. Мегаомметром 8 необходимо проверить качество изоляции полубандажей 1 и подъемных пластин 3, расположенных вдоль стержней по отношению к активной стали.

**П р и м е ч а н и е .** Значение сопротивления изоляции стяжных шпилек, бандажей, полубандажей ярм и прессующих колец относительно активной стали и ярмовых балок, а также ярмовых балок относительно активной стали, измеренного мегаомметром на напряжение 1000-2500 В, должно быть не менее 2 МОм, а сопротивление изоляции ярмовых балок не менее 0,5 МОм.



- |                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| 1 - полубандаж;                 | 5 - прессующий винт;   |
| 2 - электрокартонная прокладка; | 6 - прессующее кольцо; |
| 3 - подъемная пластина;         | 7 -стеклобандаж;       |
| 4 - ярмовая балка;              | 8 - мегаомметр.        |

**Рис. 1.** Измерение изоляции прессующих устройств магнитопровода бесшпильчатой конструкции.

### Практическая часть

Пользуясь теоретической частью, специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, заполнить таблицу. Сделать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы.

Узел, деталь, элемент	Необходимые работы
-----------------------	--------------------

1. Ярмовые балки	
2. Межлистовая изоляция	
3. Вентиляционные каналы	
4. Изоляция стяжных шпилек	
5. Заземляющие шинки	
	2

### **Вопросы для контроля**

1. Технология ремонта ярмовых балок.
2. Визуальные признаки местных перегревов.
3. Норма сопротивления изоляции стяжных шпилек.
4. Как предотвратить самоотворачивание стяжных шпилек после подпрессовки?
5. Как проверить качество прессовки магнитопровода?

### **Литература**

1. Александр Игнатьевич Ящур Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справочник
2. ТИПОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ. ТРАНСФОРМАТОРЫ КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЯ 110-1150 кВ МОЩНОСТЬЮ 80 МВ·А И БОЛЕЕ. КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ СО 34.46.605-2005

## Практическая работа № 15

**Тема:** Определение условий работы и возможных повреждений узлов и деталей электродвигателей.

**Цель:** определить ориентировочно условия работы и перечень возможных износов и повреждений заданного узла или детали

**Оборудование и/или программное обеспечение:** компьютер с DVD-приводом и (или) устройство, подключенное к интернету, образцы устройств

### Теоретическая часть

Для обслуживания электроустановок и узлов электропривода чрезвычайно важно осознавать, как условия работы влияют на исправность и работоспособность узлов и деталей. Любой неблагоприятный фактор может привести к износам или повреждениям. Работа направлена на самостоятельное получение практического опыта определения условий работы и предположении вероятных износов и повреждений оборудования.

### Выбранное оборудование

---

### Практическая часть

Выбрать тип оборудования из списка. Возможно выбрать иное оборудование, согласовав с преподавателем. Пользуясь методическим пособием [1], специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, собственным производственным и жизненным опытом, подобрать подходящие данному оборудованию в данных условиях неблагоприятные факторы. Данные внести в столбец 1 таблицы. Подобрать к каждому фактору износы и повреждения, к которым он может привести, внести в столбец 2 таблицы, как указано в образце. Каждому типу износа и повреждения соответствует одна или несколько конкретных неисправностей, к которым они приводят. Вписать их все в столбец 3 таблицы.

Сделать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы.

При печати отчета список рекомендуемого оборудования удалить!

### Вопросы для контроля

1. Особенности режима работы оборудования.
2. Атмосферные и другие природные условия.
3. Неудачные конструктивные решения, примененные в оборудовании.
4. Возможные причины перегрева.
5. Вероятные воздействия неправильной эксплуатации.

### Литература

1. А.Н. Зинченко Методическое пособие для самостоятельного изучения тем «Условия работы электрооборудования» и «Виды износов и повреждений электрооборудования» по междисциплинарному курсу МДК.01.02. «Основы технической эксплуатации и обслуживания электрического и электромеханического оборудования».
2. ГОСТ 27.002-89 НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. Основные понятия. Термины и определения

Неблагоприятные факторы	Возможные износы и Повреждения	Конкретные неисправности узла
1	2	3

Фактор 1	Износы 1. 2. ... Повреждения 1. 2. ... ””	
Фактор 2	Износы 1. 2. ... Повреждения 1. 2. ... ””	
Фактор ...	Износы 1. 2. ... Повреждения 1. 2. ... ””	

Узел

1. Статор асинхронного двигателя вентилятора
2. Статор асинхронного двигателя дымососа
3. Фазный ротор асинхронного двигателя тележки мостового крана
4. Остов двигателя постоянного тока трамвая
5. Якорь двигателя постоянного тока трамвая
6. Резинометаллическая муфта двигателя компрессора

## Практическая работа № 16

**Тема:** Расчет обмотки статора АД

**Цель:** научиться выполнять простые способы расчета параметров асинхронного двигателя

**Оборудование и/или программное обеспечение:** компьютер с DVD-приводом и (или) устройство, подключенное к интернету, бланки документов, типовые перечни работ

### Задание

Асинхронный трехфазный двигатель с короткозамкнутым ротором марки А02-82-6 имеет следующие паспортные данные: напряжение  $U=220/380$  В, номинальная мощность  $P_2 = 40$  кВт, частота вращения  $n_2=980$  об/мин, КПД  $\eta=91,5\%$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi=0,91$ , кратность пускового тока  $K_I = 5$ , кратность пускового момента  $K_M = 1,1$ , перегрузочная способность двигателя  $\lambda = 1,8$ . Определить число пар полюсов, номинальное скольжение, номинальные максимальный и пусковой вращающие моменты, номинальный и пусковой токи двигателя при соединении обмотки статора в «треугольник» и «звезду». Возможен ли пуск нагруженного двигателя, если подводимое напряжение на 10% ниже номинального и пуск производится переключением обмоток статора со «звезды» на «треугольник» от сети с напряжением  $U=220$ . В?

### Решение

При известной частоте вращения магнитного поля число пар полюсов определяем по формуле

$$p = 60 f / n_1.$$

для заданных условий  $p = 60 // n_2 = 3000 / 980 = 3,06$ ; отбросив сотые доли, получаем число пар полюсов двигателя—3.

Частота вращения магнитного поля

$$n_1 = 60 f / p = 3000 / 3 = 1000 \text{ об/мин.}$$

Номинальное значение скольжения

$$s_{\text{ном}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} * 100\%$$

$$s_{\text{ном}} = \frac{1000 - 980}{1000} * 100\% = 2\%$$

Критическое скольжение

$$s_{\text{кр}} = s_{\text{ном}} [\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}]$$

Мощность, потребляемая двигателем,

$$P_1 = P_2 / \eta = 40000 / 0,915 = 43715 \text{ Вт.}$$

Номинальный вращающий момент двигателя

$$M_{\text{ном}} = 9,55 P_2 / n_2 = 9,55 * 40000 / 980 = 389,8 \text{ Н·м.}$$

Максимальный момент

$$M_{\text{max}} = \lambda * M_{\text{ном}} = 1,8 * 389,8 = 701,6 \text{ Н·м.}$$

Пусковой момент

$$M_{\text{п}} = K_M M_{\text{ном}} = 1,1 * 389,8 = 428,7 \text{ Н·м.}$$

Определяем фазный, линейный и пусковой токи при линейном напряжении  $U=220$  В и соединении обмотки статора по схеме «треугольник».

Фазный ток в обмотке статора

$$I_{\phi} = \frac{P_1}{3 U_{\phi} \cos \varphi} = \frac{43715,8}{3 * 220 * 0,91} = 72,8 \text{ А}$$

Токи: линейный

$$I_L = 1,73 \cdot 72,8 = 125,9 \text{ А};$$

Пусковой ток

$$I_n = K_I \cdot I_L = 5 \cdot 125,9 = 629,5 \text{ А}.$$

Найдем значения фазных, линейных и пусковых токов, если обмотки статора включены по схеме «звезда» и подключены к сети с линейным напряжением  $U=380 \text{ В}$ .

Значение фазного тока найдем из формулы мощностей для линейных значений токов и напряжений

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

При соединении обмоток в «звезду» линейный ток

$$I_\Phi = I_L = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_L \cos \varphi} = \frac{43715,8}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,91} = 73,4$$

пусковой ток

$$I_n = K_I \cdot I_L = 5 \cdot 73 = 365 \text{ А}.$$

### Вопросы для контроля

1. Назначение асинхронного электродвигателя.
2. Как зависит частота вращения асинхронного электродвигателя от числа пар полюсов?
3. Как зависит частота вращения асинхронного электродвигателя от схемы соединения фаз обмотки?
4. Почему пусковой ток асинхронного электродвигателя значительно превышает номинальный?
5. Что означает параметр скольжение?

### Литература

1. Кравчик А.Э. и др. Выбор и применение асинхронных двигателей/ А.Э. Кравчик, Э.К. Стрельбицкий, М.М. Шлаф. –М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов/Под ред. Ю.К. Розанова. 2-е изд., испр. и доп.-М.: Информэлектро, 2001.
3. Акимов Е.Г., Коробков Ю.С., Савельев А.В., Соколов В.П., Чунихин А.А. / Под ред. А.А. Чунихина и Ю.С. Коробкова. Выбор электрических аппаратов для электропривода, электрического транспорта и электроснабжения промышленных предприятий. М.: Издательство МЭИ, 1990.
4. Чунихин А.А., Акимов Е.Г., Коробков Ю.С., Соколов В.П., Савельев А.В. / Под ред. А.А. Чунихина и Ю.С. Коробкова. Выбор электрических аппаратов для промышленных установок. М.: Издательство МЭИ, 1990.
5. Беляев А.В. Выбор аппаратуры защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. Л.: Энергоатомиздат, 1988.



## Практическая работа № 17

**Тема:** Осмотр и дефектация статора двигателя переменного тока

**Цель:** научиться выполнять осмотр и поиск неисправностей статора двигателя переменного тока

**Оборудование и/или программное обеспечение:** статор двигателя переменного тока, компьютер с DVD-приводом и (или) устройство, подключенное к интернету, нормативные документы

### Теоретическая часть

Наименование детали, узла, элемента	Техническое состояние (описание дефекта, отклонение от нормы)	Заключение о необходимости устранения дефекта (дальнейшем использовании)
<b>Проверка паспортных данных</b>		
<b>Внешний осмотр</b>		
Крышка клеммной коробки	Отсутствует	установить
Трещины лап		
Клеммная колодка	Излом	заменить
Клеммная коробка	слабое крепление на статоре	закрепить
Клеммная коробка	загрязнена изнутри	очистить
Вводная трубка клеммной коробки	Излом	заменить
<b>Измерения</b>		
Сопротивление фазы обмотки статора С2-С6	бесконечность, обрыв	заменить обмотку статора
Сопротивление фазы обмотки статора С3-С4	50 Ом	исправно
Сопротивление фазы обмотки статора С1-С5	50 Ом	исправно
Сопротивление изоляции фазы обмотки статора С2-С6 относительно корпуса	0 Ом, пробой	заменить обмотку статора
Сопротивление изоляции фазы обмотки	бесконечность при измерении	пригодно к использованию

статора С3-С4 относительно корпуса	Мультиметром	
Сопротивление изоляции фазы обмотки статора С1-С5 относительно корпуса	бесконечность при измерении мультиметром	пригодно к использованию
Изоляция в пазах сердечника статора	выгорела в трех пазах	заменить обмотку статора
Изоляция в задней лобовой части	механические повреждения	заменить обмотку статора

### Практическая часть

Осмотреть статор двигателя переменного тока. Пользуясь теоретической частью, специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, собственным производственным и жизненным опытом, заполнить таблицу.

Сделать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы.

Узел, деталь, элемент	Вид неисправности	Рекомендации по устранению
1. Лапы станины	1	
	2	
2. Цилиндрическая часть станины	1	
	2	
3. Клеммная коробка	1	
	2	
4. Клеммная колодка	1	
	2	
5. Железо статора	1	
	2	
6. Сопротивление корпусной изоляции	1	
	2	
7. Сопротивление фаз обмотки	1	
	2	
8. Клинья обмотки статора	1	
	2	
9. Внешний вид изоляции обмотки	1	
	2	

### Вопросы для контроля

1. Способы восстановления станин с трещинами.
2. Как отремонтировать статор с пробоем межвитковой изоляции обмотки?
3. Перечислите возможные дефекты обмотки статора.

4. Причины повреждений железа статора
5. Неисправности статора, которые возможно обнаружить визуально.

#### **Литература**

1. Александр Игнатьевич Ящура Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справочник
2. ГОСТ 27.002-89 НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. Основные понятия. Термины и определения