

Министерство образования Иркутской области  
ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»

Утверждаю:  
Зам. директора по УР  
Шпак М.Е.  
« 1 » 09 2017 г.



**Методические рекомендации для студентов по выполнению  
самостоятельной работы по ПМ.01 Организация технического  
обслуживания и ремонта электрического и электромеханического  
оборудования МДК 01.03.Электрическое и электромеханическое  
оборудование**

Специальность: 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание  
электрического и электромеханического оборудования  
(по отраслям)

Форма обучения: Очная, заочная

Рекомендовано методическим советом  
ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»  
Заключение методического совета,  
протокол № 1 от « 1 » 09 2017 г.  
председатель методсовета  
Шпак М.Е./



Бодайбо, 2017 г.

Учебно-практическое пособие предназначено для выполнения лабораторно-практических работ и разработано на основе ФГОС СПО, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.07.2014 №831 «Об утверждении федерального государственного стандарта среднего профессионального образования по ППССЗ (программе подготовке специалистов среднего звена) 13.02.11 Техническая эксплуатация электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), укрупненная 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика.

Разработчик:

Грязнов А.В. – преподаватель специальных дисциплин

Рассмотрена и утверждена на заседании предметно-цикловой комиссии

электротехнических дисциплин

Протокол № 1 от «31» 08 2017г.

Председатель ПЦК Грязнов А.В. / Гр. /

Учебно-практическое пособие предназначено для студентов специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) и соответствует учебной программе профессионального модуля ПМ. 01 Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования.

В пособии представлены общие или индивидуальные задания поисково-творческого и проблемного характера, подробные методические рекомендации по их выполнению, приведены краткие необходимые сведения по теории.

Цель пособия - закрепить главные положения теории и дать возможность сформировать у студентов следующие общие (ОК) и профессиональные (ПК) компетенции:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования
ПК 1.2	Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования
ПК 1.3	Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования
ПК 1.4	Составлять отчётную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования
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 в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7.	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий
ОК 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

Методические указания помогут студентам приобрести практические навыки расчетов и построений схем устройства и управления электрическими машинами и аппаратами, усвоить методику расчета и выбора электрических машин и аппаратов для конкретных технологических процессов.

Описанию лабораторных и практических работ предшествуют теоретические сведения, а завершают их контрольные вопросы для самопроверки, которые дают возможность студентам закрепить полученные на теоретических занятиях знания, расширить и углубить их.

Указания содержат методику выполнения лабораторных и практических работ, определяют порядок оформления отчетов, а также список литературы.

Отчет должен содержать следующие сведения:

1) Номер и название работы, дату выполнения.

- 2) Цель работы.
- 3) Выполненные задания.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

Объем работы необходимый для выполнения лабораторных и практических работ приведен в таблице 1:

Лабораторная работа №1	
Измерение сопротивления защитного заземления электрооборудования и сопротивления петли «фаза-нуль».....	
Лабораторная работа №2	
Исследование работы люминесцентных ламп при включении с различными пускорегулирующими устройствами.....	
Лабораторная работа №3	
Проверка исправности люминесцентных ламп и пускорегулирующей Аппаратуры.....	
Лабораторная работа №4	
Изучение методов определения мест повреждения в кабельных линиях.....	
Лабораторная работа №5	
Методы исследования температуры обмоток электродвигателей по их сопротивлению.....	
Лабораторная работа №6	
Определение отдельных фаз обмоток трехфазного электродвигателя и маркировка выводов.....	
Лабораторная работа №7	
Измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателя.....	
Лабораторная работа №8	
Регулировка и испытание магнитного пускателя.....	
1. Практическое занятие №1	
Расчет освещения производственного помещения.....	
2. Практическое занятие №2	
Составление и расчет схемы электрического освещения.....	
3. Практическое занятие №3	
Изучение электрооборудования обрабатывающей установки.....	
4. Практическое занятие №4	
Изучение электрооборудования насосной установки.....	
5. Практическое занятие №5	
Расчет мощности и выбор электродвигателя приводного механизма.....	
6. Практическое занятие №6	
Составление монтажной и принципиальной схемы панели управления.....	

**Литература**.....

## Лабораторная работа 1

**Тема работы:** Измерение сопротивления защитного заземления электрооборудования и сопротивления петли «фаза-нуль»

**Цель работы:** Изучение метода измерения защитного заземления электрооборудования и сопротивления петли «фаза-нуль»

### Краткие теоретические сведения

В электроустановках напряжением ниже 1000В с глухозаземлённой и изолированной нейтралью защита участков сети осуществляется автоматическими выключателями реагирующими на сверхток, как основной параметр аварийного состояния электроустановки (ГОСТ Р50571-2, ПУЭ). Электроустановки с изолированной нейтралью участки сети могут дополнительно защищаться устройствами защитного отключения (УЗО), реагирующими на сверхток, устройствами контроля изоляции и т.п. В электроустановках с глухозаземлённой нейтралью УЗО также могут применяться для защиты розеточных групп зданий, при условии, что к этим розеткам могут быть подключены переносные электроприборы.

Для проверки временных параметров срабатывания защитных устройств реагирующих на сверхток (автоматических выключателей) проводится измерение полного сопротивления петли «фаза-нуль» или токов однофазных замыканий. Работа устройств защитного отключения проверяется другим образом.

Полное сопротивление петли «фаза-нуль», и, соответственно, ток однофазного замыкания будет зависеть в основном от нескольких факторов: характеристик силового трансформатора, сечения фазных и нулевых жил питающего кабеля или ВЛ и контактных соединений в цепи.

Проводимость фазных и нулевых проводников на практике можно не только определить, но и изменить, кроме того, расчётное определение проводимости, в стадии проектирования электроустановки может исключить множество проектных ошибок.

Согласно ПУЭ проводимость нулевого рабочего должна быть не ниже 50% проводимости фазных проводников, в необходимых случаях она может быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников. Проводимость нулевых защитных проводников должна соответствовать требованиям главы 1.7 ПУЭ:

«1.7.126. Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников должны соответствовать табл. 1.7.5. Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники. Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным».

Проверка сопротивления петли фаза-нуль производится для наиболее удалённых и наиболее мощных электроприёмников, но не менее чем для 10% их общего количества.

Расчётную проверку можно производить по формулам:

$$Z_{\text{пет}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{т}}/3,$$

где  $Z_{\text{п}}$  – полное сопротивление проводов петли фаза – нуль,

$Z_{\text{т}}$  – полное сопротивление питающего трансформатора.

По полному сопротивлению петли фаза – нуль определяется ток однофазного КЗ на землю:

$$I_{\text{к}} = U_{\text{ф}} / Z_{\text{пет}}$$

Измерение полного сопротивления петли «фаза—нуль»

Измерение сопротивления петли «фаза—нуль» способом падения напряжения (см. рис. 1)

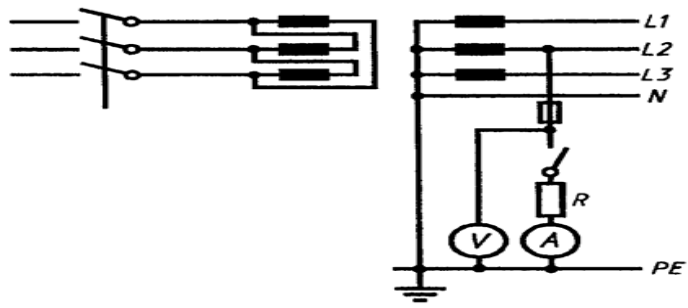


Рисунок.1 — Схема измерения по методу 1

Примечание- Следует обратить внимание на определенные трудности при применении данного метода.

Напряжение в испытуемой цепи измеряют с включенным и отключенным сопротивлением нагрузки, и сопротивление петли «фаза—нуль» рассчитывают по формуле

$$Z=(U1 - U2)/Ir \quad (1)$$

где  $Z$ — полное сопротивление петли «фаза—нуль», Ом;

$U1$  — напряжение, измеренное при отключенном сопротивлении нагрузки, В;

$U2$  — напряжение, измеренное при включенном сопротивлении нагрузки, В;

$IR$  — ток, протекающий через сопротивление нагрузки, А.

Примечание- Разница между  $U1$  и  $U2$  должна быть значительной.

#### Метод 2

Измерение производится с применением прибора М417

#### Порядок проведения испытаний и измерений.

Измерения производятся в строгом соблюдении с инструкцией на используемый прибор.

Подготовка и порядок работы с прибором М417:

- Установить М417 на горизонтальную поверхность.
- Обесточить проверяемый участок цепи и присоединить один из проводов прибора к корпусу испытуемого электрооборудования (РЕ-проводник), а второй к фазному проводу (провод следует отключить от нагрузки, для того, чтобы нагрузка не вносила помехи в результат измерений).
- Включить сеть, при этом должна загореться сигнальная лампа « $Z=$ », если последняя не загорается, измерение производить запрещается.
- Нажать кнопку «проверка калибровки»
- Ручкой «калибровка» установить указатель на нуль.
- Нажать кнопку «измерение» и произвести отсчёт по шкале прибора(при сопротивлении цепи «фаза нуль» больше 2 Ом загорается сигнальная лампа « $Z > 2$  Ом», если сигнальная лампа не загорается - произвести отсчёт по шкале прибора).
- Сопротивление цепи «фаза – нуль» равно показанию прибора за вычетом сопротивления соединительных проводов (0,1 Ом).
- Произвести измерения для остальных двух фаз нагрузки.

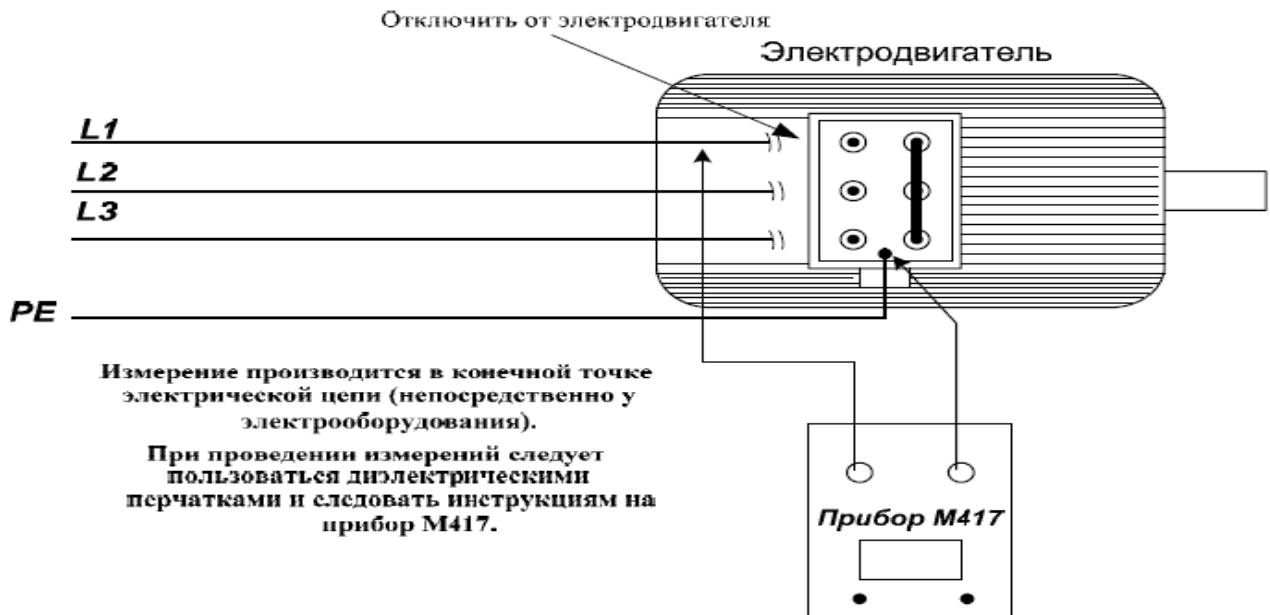


Рисунок 2. Схема подключения прибора М417 при измерении сопротивления петли «фаза-нуль»

### Контрольные вопросы

1. От чего будет зависеть полное сопротивление петли «фаза-нуль»?
2. Для каких электроприемников производится проверка сопротивления петли фаза-нуль?
3. В каких электроустановках используется УЗО?

### Лабораторная работа 2

**Тема работы:** Исследование работы люминесцентных ламп при включении с различными пускорегулирующими устройствами

**Цель работы:** Создать условия для исследования различных схем включения люминесцентных ламп

#### Краткие теоретические сведения

Как известно, для зажигания люминесцентных ламп используется различная аппаратура: дроссели, компенсирующие конденсаторы для повышения коэффициента мощности и конденсаторы, блокирующие радиопомехи, накальные трансформаторы. Эти устройства объединяются под общим названием «пускорегулирующие аппараты (ПРА)». По способу зажигания ПРА подразделяют на три группы: стартерного (условное обозначение УБ), быстрого и мгновенного зажигания (условное обозначение всех схем бесстартерного зажигания АБ). В помещениях промышленных предприятий особенно широко применяются стартерные схемы включения как наиболее экономичные. Все ПРА имеют обозначения, состоящие из ряда цифр и букв, которые расшифровываются следующим образом:

- на первом месте стоит цифра, указывающая количество ламп, включающихся аппаратом;
- на втором месте - буквенное обозначение УБ, АБ или ДБ (дроссель балластный для ламп ДРЛ, ДРИ, НЛВД);
- на третьем месте - буква, характеризующая сдвиг фаз потребляемого аппарата тока (И— индуктивный, Е — емкостный, К — компенсированный);
- на четвертом - дробь, числитель которой — мощность и тип лампы, знаменатель — напряжение питающей сети;

буквенный индекс в конце маркировки дает дополнительную характеристику аппарата (Н — независимый, В — встроенный, П — с пониженным уровнем шума, ПП — с особо низким уровнем шума);

три цифры после буквенного обозначения указывают номера серии и модификацию аппарата;

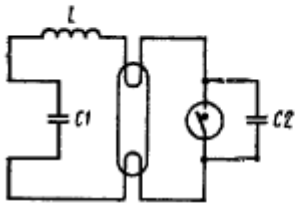
в конце обозначения ПРА указывается климатическое исполнение, предназначенное для эксплуатации в районах с разными климатами (У — умеренным, ХЛ — холодным, ТБ — тропическим влажным, ТС — тропическим сухим, Т — как с сухим, так и с влажным тропическим, О — с любым на суше), и категория размещения (1 — на открытом воздухе; 2 — в помещениях, плохо изолированных от окружающего воздуха; 3 — в обычных естественных вентилируемых помещениях; 4 — в помещениях с искусственно регулируемым климатом; 4,1 — с кондиционированным воздухом; 4,2 — в лабораторных помещениях; 5 — в помещениях с повышенной влажностью).

Основные функции ПРА состоят в том, что аппараты должны обесточивать:

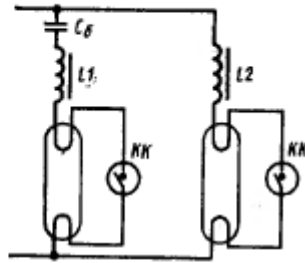
- зажигание лампы, заключающееся в пробое межэлектродного промежутка и формировании в нем разряда;
- разгорание лампы, т. е. установление в лампе рабочих характеристик после зажигания;

устойчивость режима работы лампы, определяемая наличием балласта.

Тип балласта зависит от вольт-амперной характеристики лампы. В сетях переменного тока используется индуктивный либо емкостно-индуктивный балласт. Использование чисто активного балласта в сетях переменного тока неоправданно ввиду больших потерь мощности. Чисто емкостный балласт также не рекомендуется применять ввиду резкого снижения светового потока и срока службы лампы. Емкостно-индуктивный балласт практически по всем по-



**Рис. 1. Одноламповая схема с индуктивным балластом**  
**C1 - конденсатор для компенсации реактивной мощности, C2 - конденсатор для подавления радиопомех**



**Рис. 2. Двухламповая схема с емкостно-индуктивным балластом (с расщепленной фазой)**  
**Cб - емкостный балласт; L1, L2 - индуктивные балласты**

казателям уступает индуктивному и его использование оправданно (за исключением специальных случаев) лишь совместно с индуктивным в двухламповых схемах с расщепленной фазой для уменьшения пульсаций светового потока двухлампового светильника.

Кроме того, ПРА выполняют ряд дополнительных функций:

1) компенсацию реактивной мощности, необходимую для обеспечения рациональной загрузки трансформаторных подстанций и осветительных распределительных сетей. Увеличение коэффициента мощности схем, работающих с индуктивным балластом, может быть достигнуто включением параллельно сетевым выводам компенсирующего конденсатора -индивидуально для каждого ПРА (рис. 1, или общего для группы индуктивных комплектов ГЛ-ПРА. Компенсация реактивной мощности в двухламповых комплектах (схемы с расщепленной фазой) достигается параллельным включением газоразрядной лампы (ГЛ) с индуктивным балластом и ГЛ с емкостно-индуктивным балластом (рис. 2).

Необходимо помнить, что коэффициент мощности в компенсированных ПРА всегда принципиально меньше единицы из-за несинусоидальности формы тока ГЛ;

2) подавление радиопомех, которые создаются при работе комплекта ГЛ-ПРА, достигается введением в ПРА специальных фильтров. Источником радиопомех являются наружные электромагнитные поля, создаваемые ГЛ и элементами контура, также распределительная сеть, в которую попадают высшие гармонические составляющие тока лампы. В качестве фильтров применяются, как правило, конденсаторы очень малой емкости (сотые; тысячные доли микрофарады), которые подключаются параллельно лампе или сетевым выводам ПРА (см. рис. 1);

3) снижение пульсаций светового потока лампы обычно осуществляется в двухламповых схемах при использовании ПРА с расщепленной фазой. Однако при малых значениях коэффициента использования напряжения питающей сети  $m = U_{л}/U$  ( $U_{л}$  — номинальное напряжение лампы, В;  $U$  — напряжение сети, В), которое обычно колеблется в пределах 0,45—0,7, сдвиг фаз в параллельных ветвях схемы достигает почти  $180^\circ$  и пульсация не снижается. В этих



случаях наиболее распространенным способом снижения пульсации является включение ламп на разные фазы питающей сети.

### Методические указания

При ознакомлении с лабораторной установкой записать технические (паспортные) данные приборов, аппаратов и лампы. Сборка электрической схемы включения лампы и измерительных приборов производится согласно схеме (рис. 3). После сборки схемы правильность выполнения сборки дать проверить преподавателю до включения в сеть. В момент включения схемы необходимо быть очень внимательным при снятии пусковых характеристик, так как время пуска очень мало (несколько секунд).

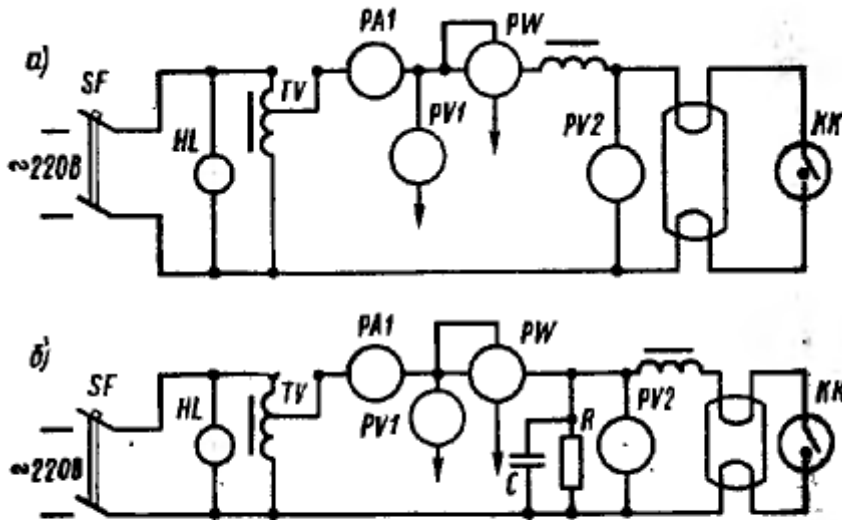


Рис. 3. Схемы включения люминисцентных ламп:  
 а - с некомпенсированным балластным устройством;  
 б - с компенсированным балластным устройством (а) и диаграммы стартерного зажигания (б)

Наименование прибора	Тип	Мощность, P, Вт	Напряжение, U, В		Ток, I, А	
			Каталожное	Испытательное	Каталожное	Испытательное

Таблица 2. Исследуемые параметры

Все показания приборов для схем с компенсацией реактивной мощности и без компенсации реактивной мощности заносят в табл. 2.

Порядок выполнения работы

Собрать схему включения люминисцентной лампы с некомпенсированным ПРА согласно рис. 3. а.

Включить автомат SF, предварительно убедившись, что рукоятка автотрансформатора TV выведена до отказа. Загорание сигнальной лампы HL свидетельствует о наличии напряжения на

схеме.

Рукояткой  $TV$  установить напряжение  $U \sim 220$  В на вольтметре  $PVI$ .

Произвести необходимые измерения и занести их в табл. 2.

Собрать схему включения люминесцентной лампы с компенсированным ПРА согласно рис.

37, б.

Повторить выполнение пунктов 2—4.

Сравнить результаты измерений для компенсированной и некомпенсированной схем в пусковом и установившемся режимах и сделать соответствующие выводы.

Составить отчет по работе.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое ПРА и для чего он предназначен?
2. Из чего может состоять ПРА?
3. В чем отличие компенсированного ПРА от некомпенсированного?
4. В чем достоинства и недостатки стартерных схем?
5. Чем объясняется преимущественное применение индуктивных ПРА?

### Лабораторная работа 3

**Тема работы:** Проверка исправности люминесцентных ламп и пускорегулирующей аппаратуры

**Цель работы:** Научить производить отбраковку люминесцентных ламп, дросселей, стартеров

#### Краткие теоретические сведения

Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света низкого давления, в которых ультрафиолетовое излучение ртутного разряда преобразуется люминофором, в более длинноволновое видимое излучение. Люминесцентные лампы получили широчайшее распространение благодаря следующим характеристикам:

- высокая световая отдача — до 90 л м/Вт; большой срок службы — 18—20 тыс. ч;
- благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи;
- низкая яркость;
- низкая температура колбы.

По характеру разряда люминесцентные лампы подразделяют на лампы дугового разряда с горячими катодами и лампы тлеющего разряда с холодными электродами. Лампы дугового разряда, зажигаемые с предварительным подогревом катодов, наиболее просты и экономичны в эксплуатации, поэтому наиболее широко применяются.

В зависимости от многочисленных световых оттенков, которые можно получить у люминесцентных ламп, в помещениях промышленных предприятий применяют следующие типы ламп:

- ЛБ — лампа белого света;
- ЛТБ — лампа тепло-белого света;
- ЛХБ — лампа холодно-белого света;
- ЛД — лампа дневного света;
- ЛЕ — лампы естественно-белого света;

ЛБЦ, ЛТБЦ, ЛДЦ, ЛЕЦ — те же лампы с улучшенной цветностью. Улучшенная цветность ламп достигается добавками различных люминофоров, излучающих главным образом в красной области спектра.

На сегодняшний день наилучшими экономическими характеристиками (наибольший световая отдача) и наименьшей степенью пульсации светового потока обладают лампы ЛБ. поэтому в большинстве случаев (за исключением жестких требований к цветопередаче) им следует отдавать предпочтение в осветительных установках. Для стабилизации разряда и ограничения тока

люминесцентных ламп применяются балластные сопротивления, чаще всего дроссели (катушки с железным сердечником), к которым предъявляются следующие требования:

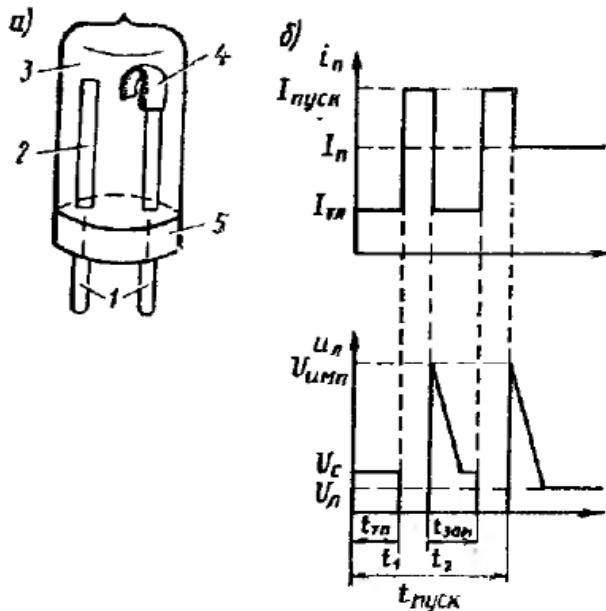
- потери мощности в дросселе должны быть минимальными;
- во время работы дроссель не должен нагреваться выше  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- по габаритам и массе он должен быть как можно меньше;
- магнитопровод дросселя должен быть собран так, чтобы во время работы не было гудения.

В качестве зажигающего устройства, входящего в состав ПРА люминесцентных ламп, применяются стартеры тлеющего разряда. Стартер выполняет следующие функции:

- замыкает цепь пускового тока лампы, в результате чего электроды лампы должны нагреваться пусковым током, а напряжение сети падать на балластном сопротивлении и электродов лампы;

- по возможности быстро размыкать контакты, шунтирующие лампу после разогрева электродов и при этом за счет энергии, запасенной в индуктивном балласте, на разомкнутых контактах стартера возникает импульс высокого напряжения (около 1000 В), который прикладывается к лампе и зажигает ее;

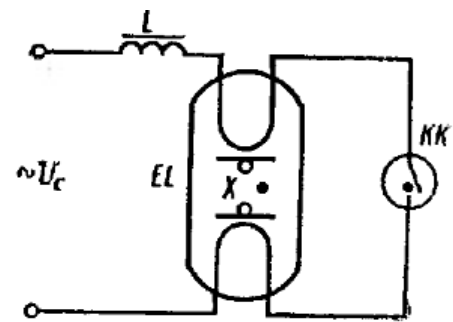
- поддерживать контакты разомкнутыми в течение всего времени горения лампы, в противном случае контакты стартера вновь



**Рис. 1. Схема устройства стартера тлеющего разряда**

Стартер (рис.1) состоит из стеклянного баллона  $\delta$ , наполненного инертным газом. В баллон впаяны металлический неподвижный электрод 2 и биметаллический электрод 4, имеющие выводы 1, проходящие через цоколь 5. Баллон заключен в металлический или пластмассовый корпус с отверстием в верхней части.

Стартеры выпускаются для включения люминесцентных ламп в сеть на напряжение 127 и 220 В. При подаче напряжения на схему (рис. 2) на электроды стартера и одновременно на лампу подается напряжение сети  $U_n$ . Это напряжение значительно ниже напряжения сети зажигания лампы с холодными электродами, но достаточно для образования тлеющего разряда между разомкнутыми электродами стартера. По цепи дроссель — электрод лампы — стартер — второй электрод лампы течет ток тлеющего разряда стартера (0,01—0,04 А). Этот ток не может обеспечить необходимый нагрев электродов лампы, но теплоты, образуемой в баллоне стартера, достаточно для разогрева биметаллической пластины 4. В результате этого она изгибается в направлении неподвижного электрода 2 и через 0,2—0,4 с контакты стартера замыкаются (момент времени  $t_1$ , показан на рис. 1, б) и в цепи начинает протекать ток нагрева электродов. Значение этого тока определяются значениями напряжения сети, сопротивления балластного дросселя и электродов лампы. Пусковой ток, проходя по замкнутым контактам стартера, нагревает электроды лампы. Одновременно в стартере прекращается тлеющий разряд и происходит остывание биметаллического электрода. Через время  $t_{зап}$  электроды стартера размыкаются, на лампе возникает импульс напряжения (момент времени  $t_2$ ), который и зажигает лампу. Время подогрева электродов



**Рис. 2. Схема работы стартера**

зашунтируют лампу и она погаснет.

определяется временем замыкания электродов стартера и составляет 0.2- 0.8 с.

В ряде случаев этого времени недостаточно для разогрева электродов лампы и существенного снижения напряжения зажигания. Поэтому лампа при первом импульсе может не зажечься, тогда процесс зажигания повторяется. Общая длительность пускового режима зависит от параметров зажигания лампы и стартера. а также от напряжения сети и находится в пределах 3- 15 с. Длительность пускового импульса составляет 1 - 2 мкс и недостаточна для надежного зажигания лампы, так как за это время межэлектродное пространство в лампе не успевает достигнуть необходимой степени ионизации. Поэтому параллельно контактам стартера включают конденсатор емкостью 5—10 нФ, что увеличивает длительность импульса в 50 -100 раз.

При эксплуатации ламп встречаются различные неисправности, которые необходимо уметь обнаруживать и устранять. Чаще всего встречаются следующие неисправности:

- новая лампа не загорается (причиной этого может быть плохой контакт в патроне, разрыв проводов и электродах, наличие воздуха в лампе);
- новая лампа при включении мигает и не загорается. В этом случае ее рекомендуется несколько раз включить и выключить -это может устранить мигание. Если же лампа продолжает мигать, то причиной может быть неисправность стартера рекомендуется его заменить;
- у лампы наблюдается потемнение концов трубки с одной или с обеих сторон на 50—70 мм от основания. Это означает, что срок службы лампы подходит к концу:
- концы лампы при включении светятся, а лампа не зажигается. Причина — либо неисправность стартера, либо короткое замыкание в конденсаторе;
- дроссель сильно гудит. В этом случае его необходимо укрепить на резиновых или других звукоизолирующих прокладках;
- сильный нагрев дросселя может быть следствием плохой изоляции пластин. При этом дроссель необходимо заменить;
- сгорание электродов. Причины — поломка патронов, короткое замыкание проводов на корпус осветительной арматуры.

Методические указания

Записать технические данные ламп, дросселей, стартеров используемых в работе, разобрать стартер и составить эскиз основных его элементов.

При исследовании работы лампы желательно проверить качество ее работы, учитывая, что хорошая лампа должна зажигаться при напряжении сети  $U_1 - 90 \% U_{ном.}$ . Кроме проверки исправной работы лампы необходимо проверить наличие «выпрямляющего эффекта», который почти вдвое уменьшает световой поток лампы. «Выпрямляющий эффект» возникает в том случае, если у лампы отсутствует эмиссия одного из электродов, при этом ток будет проходить по лампе только в одном направлении и амперметр постоянного тока зафиксирует значение тока на 25-30% (1% меньше номинального тока лампы). Такая лампа подлежит отбраковке.

При испытаниях стартера необходимо иметь в виду, что, несмотря на простоту конструкции, они часто выходят из строя из-за залипания контактов. В таком режиме стартер отрицательно влияет на срок службы лампы, так как она начинает работать в длительном пусковом режиме.

При испытаниях дросселя необходимо убедиться в отсутствии короткого замыкания в дросселе, а также измерить ток короткого замыкания и сравнить его с каталожными данными. Отсутствие перегрева и гудения при работе дросселя свидетельствуют о его исправности.

### Порядок выполнения работы

Собрать схему (по рис.3)

Включить автомат SF, о наличии напряжения на схеме свидетельствует загоревшая лампа HLL.

Установить лабораторным

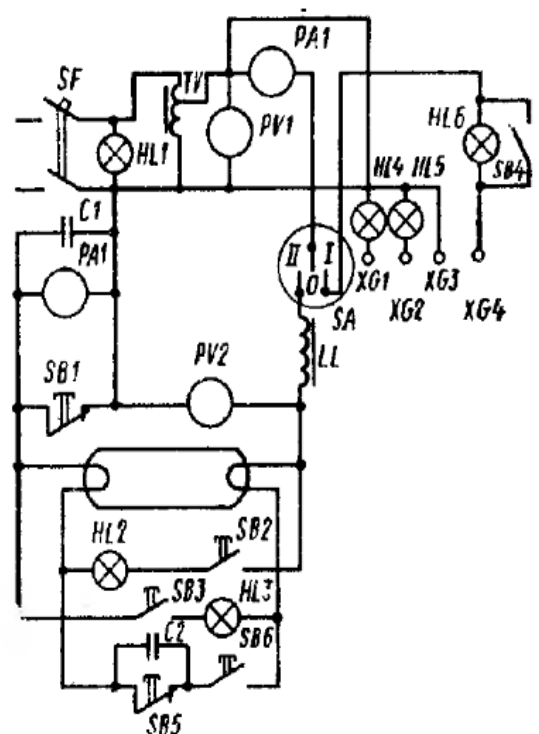


Рис. 3. Электрическая схема

автотрансформатором  $T$  необходимое напряжение.

Произвести проверку исправности лампы, для чего:

- поставить переключатель  $SA$  в положение II;
- нажать кнопку  $SB_6$ , после отпускания кнопки лампа должна зажечься.

Назначение лампы снять по показаниям приборов  $PA_1$  и  $PA_2$ . Отклонения параметров не должны быть более 10 - 12 % .

Если при нажатии на кнопку нити электродов не светятся. то для выяснения, какой из электродов испорчен, необходимо поочередно нажать кнопки  $SB_2$  и  $SB_3$ ;

если электроды целы, а лампа не горит, то ее следует зажечь с помощью конденсатора  $C_2$  емкостью 4 мкФ нажав на кнопку  $SB_5$  не отпуская кнопку  $SB_6$ . Затем для обнаружения лампы выпрямляющего эффекта необходимо нажать кнопку  $SB_1$  и если амперметр постоянного тока  $PA_2$  покажет 25 - 30 % от показания амперметра  $PA_1$ , то лампа подлежит замене;

в случае исправной лампы зажечь ее нажатием кнопки  $SB_6$ , предварительно установив напряжение на вольтметре  $PV_1$  равное 198- 200 В.

5. Произвести проверку исправности дросселя, для чего необходимо:

- подключить дроссель к зажимам  $XG_3$  и  $XG_4$ ;
- установить переключатель  $SA$  в положение I;
- проверить отсутствие короткого замыкания, при этом накал нити лампы  $HL_6$  должен быть нормальным при разомкнутой кнопке  $SB_4$ ;
- нажать кнопку  $SB_4$ , измерить ток короткого замыкания

6. Произвести проверку стартера, для чего подключить стартер к зажимам  $XG_1$  и  $XG_2$ : у исправного стартера с момента его включения через лазок в корпусе можно увидеть оранжевое сечение газового разряда, которое исчезнет через 1—3 с. когда электроды стартера замкнутся. В этот момент зажигаются лампы  $HL_4$  и  $HL_5$  мощностью 15— 20 Вт. Далее процесс срабатывания повторяется, при этом лампы будут часто мигать. Если лампы не горят или горят, но не мигают, то стартер неисправен и подлежит замене.

7. Сделать необходимые выводы и составить отчет по работе.

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение стартера? Поясните его конструкцию.
2. Каково назначение дросселя? Поясните его конструкцию.
3. Рассмотрите конструкцию люминесцентной лампы.
4. Укажите основные неисправности люминесцентных ламп и их причины.
5. Чем объяснить, что с течением времени уменьшается световой поток лампы?
6. В каких случаях в лампе обнаруживается явление выпрямляющего эффекта?

### Лабораторная работа 4

**Тема работы:** Изучение методов определения мест повреждения в кабельных линиях

**Цель работы:** Создать условия для определения места повреждения в кабельных линиях различными методами

### Краткие теоретические сведения

Выбору метода определения зоны повреждения кабелей предшествует выяснение характера повреждения, определяемых путем измерений мегаомметром на 1000 —2500 В.

При этом измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы относительно земли, сопротивление изоляции между каждой парой токоведущих жил, проверяют целостность токоведущих жил. Для обнаружения обрыва жил испытание следует проводить с обоих концов, закорачивая все три фазы на конце, противоположном подключению мегаомметра.

При наличии короткого замыкания определяют переходное сопротивление. Если оно в месте повреждения велико (более 5МОм), а кабель не выдержал испытания, то для более точного определения места неисправности производят прожигание кабеля. Прожигание кабелей производят как на постоянном токе от специальных установок, так и на переменном токе от трехфазных повышающих трансформаторов. Целью прожигания кабелей является создание переходного сопротивления определенного значения в месте повреждения кабеля.

Выбор метода отыскания мест повреждения кабелей зависит от вида повреждения, пробивного напряжения в месте повреждения и переходного сопротивления. Отыскание места повреждения производят обычно в два этапа. На первом этапе отыскивают зону повреждения, для чего применяют импульсный метод, метод колебательного разряда, емкостный метод и метод петли. На втором этапе определяют точное место повреждения, для чего применяют метод накладной рамки, акустический и индукционный методы. Область применения различных методов приведена в табл. 4.3.

**Метод колебательного разряда** является одним из наиболее применимых методом при «заплывающих пробоях», которые часто наблюдаются в кабельных муфтах. Суть «заплывающего пробоя» заключается в том, что при имеющейся мощности выпрямительной установки при прожиге кабеля с увеличением его длины для заряда емкости кабеля до напряжения пробоя потребуется большее время. В результате этого частота разряда уменьшается и место повреждения успевает «заплыть». Для определения места повреждения при большой длине кабеля необходимы выпрямительные установки большой мощности,

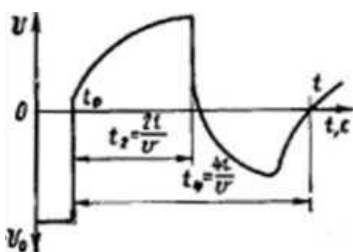


Рис. 1 Напряжение на зажимах кабеля при пробое изоляции

которые и используются при использовании метода колебательного разряда. Суть метода заключается в измерении периода (полупериода) свободных колебаний, возникающих в заряженной кабельной линии при пробое изоляции в месте повреждения. При измерении на жилу кабеля подается высокое напряжение, но не выше допустимого, отрицательной последовательности (рис. 1). В месте повреждения в момент пробоя напряжение падает до нуля, что соответствует моменту времени  $t_1 = l_x/v$ , где  $t_1$  — время прохождения волны до места повреждения;  $l_x$  — расстояние от конца кабеля до места повреждения;  $v$  — скорость распространения волны, равная для силовых кабелей  $160 \pm 1$  м/мкс. Затем потенциал жилы резко возрастает и возникает волна напряжения положительной полярности, которая приходит к концу кабеля и, меняя знака, возвращается к месту повреждения. В момент времени  $t_2 = 2l_x/v$  волна достигает места пробоя, потенциал жилы вновь резко падает до нуля и волна уходит к концу линии с переменной знака. В момент времени  $t_3 = 3l_x/v$  волна отрицательной полярности приходит к концу линии, возвращаясь к месту пробоя с тем же знаком. В момент  $t_4 = 4l_x/v$  волна приходит к месту повреждения и в момент пробоя напряжения опять падает до нуля. На этом завершается полный период, за время которого волна 4 раза проходит расстояние от конца кабеля (места подключения кабеля к испытательной установке) до места повреждения. Поэтому  $l_x = Tv/4 = 40$  Т,

где Т — Период колебаний.

Для повышения точности обычно измеряют время первого полупериода, так как в связи с затухающим характером колебаний форма назначения напряжения сильно искажаются на экране осциллографа. Шкала прибора проградуирована в километрах, измерение

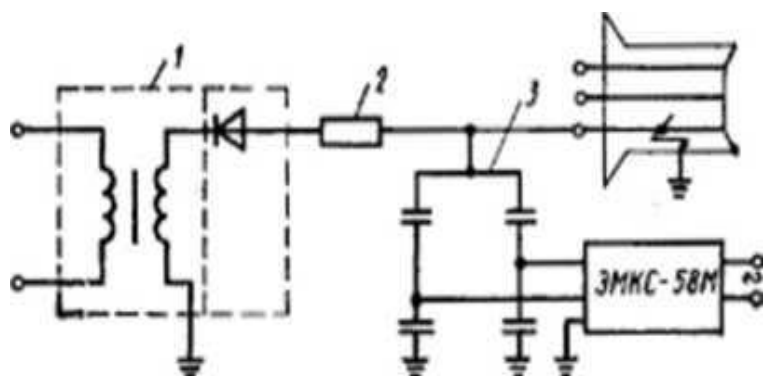


Рис. 2.

Схема включения

прибора ЭМКС-58М:

1 — выпрямитель высоконапряжения; 2 — зарядное сопротивление; 3 — делитель высокого напряжения.

времени (обычно полупериода  $I$  производится по электросекундомеру. Схема подключения прибора ЭМКС-58М, позволяющего определять расстояния от 40 м до 10 км для кабелей до 10 кВ, изображена на рис. 49.

**Индукционный метод** применяют для отыскания мест пробоя изоляции жил между собой или на землю, а также при обрыве линии с одновременным пробоем изоляции жил между собой или на землю.

При пропускании по кабелю однофазного переменного тока вокруг кабеля образуется магнитное поле, значение которого зависит от значения тока. Если в поле кабеля внести рамку (антенну) из проволоки, то изменяющееся поле будет наводить в ней ЭДС и при замыкании контура рамки в телефоне возникнет ток и появится звучание. Чем выше частота тока, тем отчетливее звук. Чтобы звучание от испытываемого кабеля отличалось от звучания других кабелей, по испытываемому кабелю с помощью генератора звуковой частоты пропускают ток частотой 800—1200 Гц.

Отыскание мест повреждения по цепи жила — земля является особенно сложным из-за растекания тока в месте повреждения по оболочке кабеля в обе стороны на десятки метров. Поэтому практически однофазные повреждения путем прожига переводят в двухтрехфазные и определяют повреждение по Дели жила — жила или искусственно создают цепь жила — оболочка кабеля, разземляя последнюю с двух сторон и подключая генератор к жиле и оболочке.

Наводимая в рамке ЭДС зависит от токораспределения в кабеле и взаимного пространственного положения рамки и кабеля. Зная характер распределения поля для данного токораспределения в кабеле и при соответствующей ориентации рамки, по изменению силы звука в телефоне можно определить место повреждения.

**Метод накладной рамки** применяют для определения непосредственно на кабеле при открытой прокладке места короткого замыкания жила — жила или жила — оболочка. Сущность метода аналогична индукционному. После подключения генератора на кабель накладывают рамку с телефоном и поворачивают вокруг оси. Если измерение производится до места поврежден и к, то за один поворот рамки будет прослушиваться один максимум и два минимума сигналов от ноля пары токов: жила — жили или жила оболочка. За местом повреждения поле создается одиночным током и в телефоне при повороте рамки будет слышен монотонный звук.

**Импульсный метод** применяют для определения зоны таких неисправностей, как одно-, двух- или трехфазное короткое замыкание, замыкание жил на землю, обрыв жил.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с испытываемым кабелем и его техническими данными (марка, сечение, длина, номинальное напряжение).

2. С помощью мегаомметра определить характер неисправности кабеля и найти поврежденные жилы.

3. Подготовить прибор Р5-5 к работе:

3.1. Установить на передней панели ручку «РАЗВЕРТКА» в крайнее левое положение.

3.2 Установить на передней панели ручку «УСИЛЕНИЕ» в положение «1».

3.3 Установить ручку «ВЫХ. СОПРОТ.» в пределах зеленого сектора.

3.4. Установить ручку на задней панели «ОБЩИЙ — РАЗДЕЛЬНЫЙ» в положение «ОБЩИЙ».

3.5. Установить ручку на задней панели «КОНТРОЛЬ — РАБОТА» в положение «РАБОТА».

3.6. Заземлить прибор, подключить кабель питания к питающей сети, включить тумблер «Сеть». При этом загорится индикаторная лампочка и через 0,5—2 мин на экране ЭЛТ появится

линия развертки.

**3.7.** Ручками «ЯРКОСТЬ». «ФОКУС»отрегулировать яркость, фокусировку и положение луча на экране ЭЛТ. Положение линии развертки должно быть на середине экрана. Начало луча должно совпадать с левым краем экрана.

**3.8.** Включить тумблер «МЕТКИ». При этом на линии развертки должны появиться масштабные метки. Установить «МНОЖИТЕЛЬ ГРУБО» и «МНОЖИТЕЛЬ ТОЧНО» в положение «0». При этом зондирующий импульс своим передним фронтом должен совпадать с фронтом первой видимой метки на экране ЭЛТ. При несовпадении подрегулировать резисторы «КОРРЕКТИРОВКА НУЛЯ» на всех диапазонах.

**3.9** Тумблер «КОНТРОЛЬ — РАБОТА» переключить в положение «КОНТРОЛЬ», «МНОЖИТЕЛЬ ТОЧНО» в положение «I», при этом передний фронт зондирующего импульса должен совпадать с первой видимой меткой. При несовпадении — подрегулировать резисторы «КОРРЕКТИРОВКА ЕДИНИЦЫ» на всех диапазонах.

**3.10.** Установить ручку «ДИАПАЗОНЫ» и положение «I» (при длине линии до 15 км), «II» (до 60 км), «III» (до 300 км).

**3.11.** Установить ручку «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА» на метку «0, 1—0,3» или «1» (при длине линии до 15 км), «I» или «8» (до 60 км), «8» или «15» (до 300 км).

**3.12.** Установить ручку «ВЫХ. СОПРОТ»на значение волнового сопротивления линии по цветам секторов. Коричневому сектору соответствует выходное сопротивление от 30 до 100 Ом, зеленому — от 100 до 500 Ом. синему — от 500 до 1600 Ом. Значения скорости распространения импульса и волнового сопротивления приведены в табл. 4.2,

**3.13.** Установить ручку «РАЗВЕРТКА» в крайнее кривое положение.

**3.14.** Установить ручку «УСИЛЕНИЕ» в положение «2». «3» или «4» (дляустановления нижней граничной частоты пропускания усилителя соответственно 2; 20 и 50 кГц). Ручкой «ПЛАВНО» произвести увеличение или уменьшение усиления усилителя. Для проведения работы ручка «УСИЛЕНИЕ» остается в положении «I».

**3.15.** Тумблер «ОБЩИЙ — РАЗДЕЛЬНЫЙ» установить в положение «ОБЩИЙ».

**3.16.** Тумблер «СИММЕТР. - НЕСИММЕТР.» установить в положение «СИММЕТР.».

**3.17.** Подключить высокочастотный соединительный кабель к гнезду «ВЫХОД» прибора и к измеряемой линии. Зажим, соответствующий выводу оболочки соединительного кабеля, присоединяется в заземленной жиле или оболочке линии. Зажим, соответствующий выводу средней жилы, подсоединяется к незаземленной жиле.

#### 4. Работа и измерения.

4.1 Отыскать всплеск на импульсной характеристике линии, соответствующей отражению сигнала от неоднородности (места предполагаемого повреждения) линии. Установить характер повреждения (рис. 49).

Ручками «МНОЖИТЕЛЬ ГРУБО» и «МНОЖИТЕЛЬ ТОЧНО» произвести совмещение начала фронта найденного всплеска импульсной характеристики с фронтом первой метки на экране ЭЛТ (рис. 50). при этом ручку «РАЗВЕРТКА» установить в крайнее левое положение.

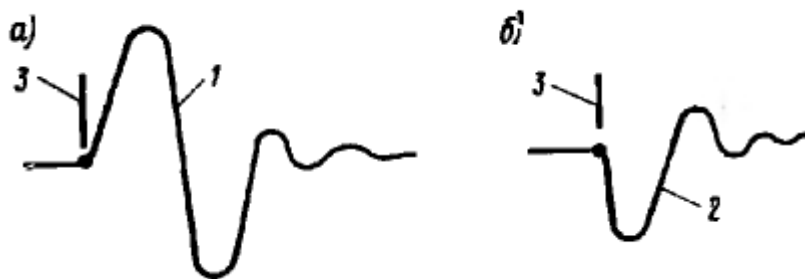


Рис. 50.  
Изображение на экране прибора Р5-8:

*a* - проверка совпадения зондирующего импульса *I* с нулевой масштабной меткой 3;

*б* - совмещение отраженного импульса с нулевой масштабной меткой



По показаниям ручек «ДИАПАЗОНЫ», «МНОЖИТЕЛЬ ГРУБО» и «МНОЖИТЕЛЬ ТОЧНО» произвести отсчет времени пробега зондирующего импульса от места подключения прибора к линии до места повреждения и обратно по формуле

$$T_{\text{факт}} = T_{\text{диап}}(n_{\text{грубо}} + n_{\text{точно}}) \text{ мкс},$$

где  $T_{\text{диап}}$  - масштаб диапазона, равный 10,40, 160 мкс на I, II, III — диапазонах соответственно;  $n_{\text{грубо}}$  — показание шкалы «МНОЖИТЕЛЬ ГРУБО»,  $n_{\text{точно}}$  — показание шкалы «МНОЖИТЕЛЬ ТОЧНО».

**4.4.** Определить расстояние до места повреждения по

$$\text{формуле } L_x = \frac{1}{2} v T_{\text{факт}}$$

где  $L_x$  — расстояние до места повреждения, м;  $v$  — скорость распространения импульсов в линии данного типа (см. табл. 4.4), м/мкс.

Пример расчета:

«ДИАПАЗОНЫ» — 10 (на диапазоне I)

«МНОЖИТЕЛЬ ГРУБО» — 4

«МНОЖИТЕЛЬ ТОЧНО» - 0,3 --- 160 м/мкс

Тип линии	Скорость распространения импульсного сигнала, м/мкс	Волновое сопротивление, Ом
Воздушные линии электропередачи 35-110-220 кВ	295	350-500
Воздушные линии связи, бронзометалл	286	540-500
То же, сталь	230	1400-1500
Силовые кабели 6-10-35-110 кВ	160±1	35

$$T_{\text{факт}} = 10(4 + 0.3) = 43 \text{ мкс} = 0.5 * 43 * 160 = 3440 \text{ м}.$$

**4.5.** Если линия протяженная, а прибор укачал место повреждения в ее конце, то для увеличения точности следует произвести измерения с другого конца.

**5.** Составить отчет о работе.

### Контрольные допросы

1. В чем сущность метода отыскания мест неисправностей и кабельных линиях?
2. Какова область применения методов?
3. Какие методы применяются для определения зон повреждений, а какие, для определения точного места неисправностей?

### Лабораторная работа 5

**Тема работы:** Методы исследования температуры обмоток электродвигателей по их сопротивлению

**Цель работы:** Изучение метода сопротивления для определения установившейся температуры нагрева обмоток машин постоянного тока

### Краткие теоретические сведения

Допустимый нагрев электрических машин зависит от класса изоляции обмоток. Переход на более высокий класс изоляции электрической машины может быть осуществлен только при капитальном ремонте. Нужно твердо знать, что при повышении температур обмоток электрических машин сверх допустимых значений срок службы их изоляции резко сокращается. Температурой окружающего воздуха, при которой двигатель может работать с номинальной мощностью, считается 40С°. При повышении температуры окружающего воздуха выше 40С° нагрузка на

двигатель должна быть снижена настолько, что бы температура отдельных его частей не превышала допустимых значений.

Предельно допустимые превышения температуры активных частей двигателей при температуре газообразной охлаждающей среды 40С° и высоте над уровнем моря не более 1000 м должны соответствовать значениям ГОСТ для соответствующих классов изоляционных материалов и не должны превышать: 65С° для изоляции класса А; 80С° для изоляции класса Е; 90С° для изоляции класса В; 100С° для изоляции класса Г; 135С° для изоляции класса Н.

Если конструкция установки предусматривает водяное охлаждение газообразной охлаждающей среды, то разность температур между выходящей из охладителя и поступающей в охладитель водой не должна быть выше 7-10С°, при этом температура охлаждающей воды не должна превышать соответственно 30-33С°.

Чтобы не допустить отпотевания охлаждающих трубок (точки росы) воздухоохладителей в двигателях с замкнутым циклом вентиляции и увлажнения обмотки температура охлаждающей воды должна быть не ниже 10-15С°.

Работа двигателя при пониженном напряжении в сети более 5% или повышенном более чем на 10% номинального не допускается.

Асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, получившие наибольшее распространение, с уменьшением напряжения сети снижают пропорционально квадрату напряжения пусковой и максимальной токовой силы, в результате этого может произойти опрокидывание двигателя. Уменьшение напряжения ниже 95% номинального приводит к значительному увеличению тока и нагреву обмоток. Рост напряжения выше 110% номинального сопровождается увеличением выделяемого в активной стали двигателя тепла и повышением температуры обмоток статора.

Если частота переменного тока питающей сети в пределах  $\pm 2,5\%$  номинального значения, то электродвигатель может длительно работать с паспортной нагрузкой, если нет особых указаний завода-изготовителя. При одновременном отклонении напряжения и частоты переменного тока от номинальных значений работа двигателей с номинальной нагрузкой допускается, если сумма абсолютных значений (в процентах) этих отклонений не превышает 10% и каждое из отклонений не превышает нормы. Независимо от снижения температуры окружающего воздуха увеличивать токовые нагрузки более чем на 10% номинального не допускается.

Температуру отдельных частей машин измеряют ртутными или спиртовыми термометрами, прикладываемыми к доступным частям, а так же методом сопротивления и температурными датчиками, заложенными в обмотки и другие части машины.

### Порядок выполнения работы

Убедиться в отключенном состоянии вводного автоматического выключателя QF стенда №6.

Проверить отсутствие напряжения на оборудовании стенда индикатором.

Убедиться в исправности и целостности клемм, зажимов, корпусов электроприборов и аппаратов стенда.

Проверить состояние изоляции зажимов проводов, соединительных проводников.

Ознакомиться с электрической принципиальной схемой и схемой соединения стенда № 6 (рисунок 2).

Записать технические характеристики (данные) электродвигателя и измерительных приборов в таблицу 1.

Таблица 1. Технические характеристики используемого электрооборудования

Наименование	Технические характеристики
Индикатор напряжения	
Электродвигатель	
Мегаомметр	

Омметр (мост)	
Лабораторный стенд №6	

### 7. ОПЫТ №1

Измерить сопротивление изоляции между обмотками и относительно корпуса. Корпус электродвигателя заземлен. Измерения проводить мегаомметром. Данные записал в таблицу 2. Таблица 2. Сопротивления межвитковой изоляции

Исследуемое электрооборудование	Сопротивление, МОм						Допустимые значения
	Ш-К	С-К	Я-К	Ш-С	С-Я	Я-Ш	

### ОПЫТ №2

Измерить омметром (мостом) сопротивление обмоток: Ш 1 - Ш 2 , С 1 - С 2 , Д 2 - Я 1 машины постоянного тока (двигатель длительное время был отключен) и данные записал в таблицу 3.

Таблица 3. Сопротивления обмоток в холодном состоянии

Исследуемое электрооборудование	Сопротивление, Ом		
	Ш1-Ш2	С1-С2	Я1-Д2
Обмотки возбуждения			

8. Собрал схему. Подключение электродвигателя согласно рисунка 1.

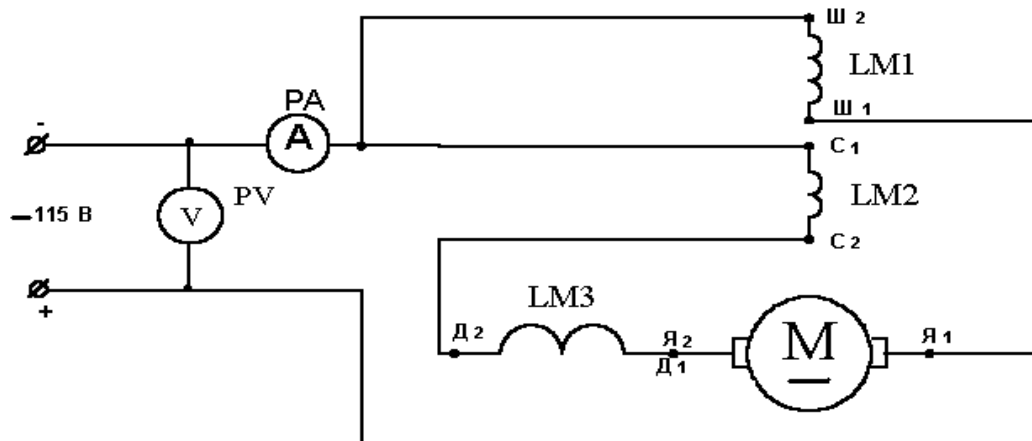


Рисунок 1. Схема подключения электродвигателя

9. С разрешения преподавателя подключил электродвигатель к источнику питания.

10. Двигатель работал 30 минут.

11. Отключил электродвигатель и измерил сопротивление обмоток двигателя в горячем состоянии и данные записал в таблицу 4.

Таблица 4. Сопротивления обмоток в горячем состоянии

Исследуемое электрооборудование	Сопротивление, Ом		
	Ш1-Ш2	С1-С2	Я1-Д2
Обмотки возбуждения			

12. Определил температуру нагрева обмоток по формуле:

$$Q_{уст} = \frac{R2 - R1}{\alpha \cdot R1} + Q1;$$

где  $Q_{уст}$  - температура обмотки установившаяся; °С

$Q1$  - температура обмотки до включения, т. е.  $t$  окружающей среды; С°

$\alpha$  - температурный коэффициент для меди и алюминия = 0,004;

$R1$  - сопротивление обмотки до включения (в холодном состоянии), Ом;

$R2$  - сопротивление обмотки после работы (в горячем состоянии), Ом;

13. Ответить на контрольные вопросы, сделать вывод.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность метода сопротивления?
2. При какой температуре окружающего воздуха электродвигатель может работать с номинальной мощностью?
3. Предельно допустимые превышения температуры активных частей электродвигателей?

### Лабораторная работа 6

**Тема работы:** Определение отдельных фаз обмоток трехфазного электродвигателя и маркировка выводов

**Цель работы:** Создать условия для определения отдельных фаз обмоток трехфазного электродвигателя и маркировки выводов.

### Краткие теоретические сведения

Бывают случаи, когда поступившие на монтаж электродвигатели не укомплектованы или не собраны доска зажимов и выводы обмоток не маркированы или по каким-либо причинам перепутана маркировка. Кроме того всегда при выходе двигателя из капитального ремонта, или при нарушении нормального режима работы машин, необходимо проверить правильность выполнения внутренних соединений обмоток. Во всех случаях возникает необходимость проверки правильности соединений выводов трехфазных обмоток, которая сводится к определению начала и концов обмоток.

Начало и конец обмоток статора электродвигателя можно определить с помощью вольтметра используя принцип работы трансформатора. Для этой цели трехфазные обмотки статора электродвигателя используются как трансформатора. Все обмотки статора имеют общую магнитную систему, и если по одной из обмоток пропустить переменный ток, то во всех других обмотках, как и во вторичной цепи – обмотке трансформатора, будет индуцироваться электродвижущая сила, а при замыкании цепи обмотки по каждой из них потечет электрический ток. При соединении двух вторичных обмоток статора последовательно увеличивается число витков и следовательно увеличится индуцирующаяся электродвижущая сила. В этом можно убедиться, если измерить вольтметром напряжение сначала на каждой обмотки статора, а затем на обеих обмотках, которые соединены последовательно. Но вольтметр покажет большую электродвижущую силу только в том случае, если правильно осуществлено последовательное соединение. Соблюдено одинаковое напряжение витков, т.е. конец одной обмотки присоединен к началу второй. Если неправильно соединены обмотки (начало одной с началом второй или конец с концом) и направление витков не соблюдено, электродвижущие силы обмоток статора окажутся, направлены встречно и компенсируют друг друга. В этом случае стрелка вольтметра остается на нуле.

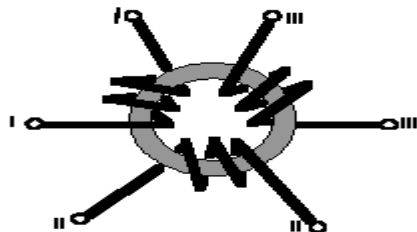
### Порядок выполнения работы

1. Убедиться в отключенном состоянии вводного автоматического выключателя
2. Проверить отсутствие напряжения на электрооборудовании стенда индикатором напряжения.
3. Убедиться в исправности и целостности клемм, зажимов, корпусов электрических приборов и аппаратов стенда.
4. Проверить состояние изоляции, зажимов, проводов, соединяющих проводников.
5. Ознакомиться с электрической принципиальной схемой и схемой соединений.
6. Записать технические данные (паспортные) электродвигателя, измерительных приборов и оборудования в таблицу 1.

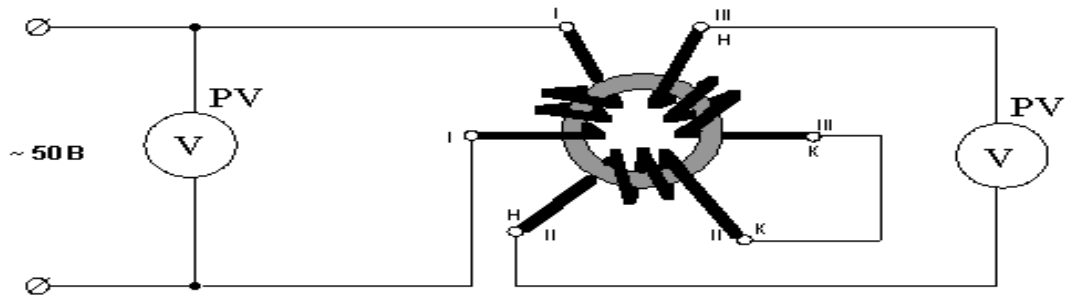
Таблица 1 Технические данные используемого электрооборудования

Наименование	Технические данные
Индикатор напряжения	
Электродвигатель	
Мегаомметр	
Мультиметр	

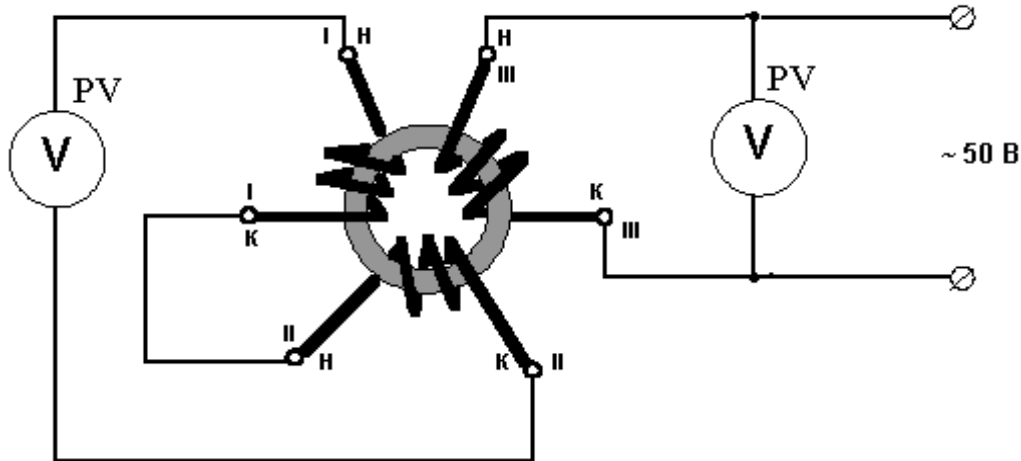
7. Прозвонить обмотки двигателя, с целью проверки на отсутствие обрыва.
8. Определить выводы принадлежащие одной и той же обмотке, с помощью мегомметра и выводы пронумеровал I - I; II - II; III - III, как показано на рисунке 1.



9. Для определения начала и конца обмоток:
  - а) первую обмотку статора подключить к источнику переменного тока напряжением 50 В, на зажимах второй и третьей обмотки измерил напряжение, как показано на рисунке 2
  - б) вольтметр показывает отсутствие напряжения. Промаркировать конец и начало обмоток как показано на рисунке 2

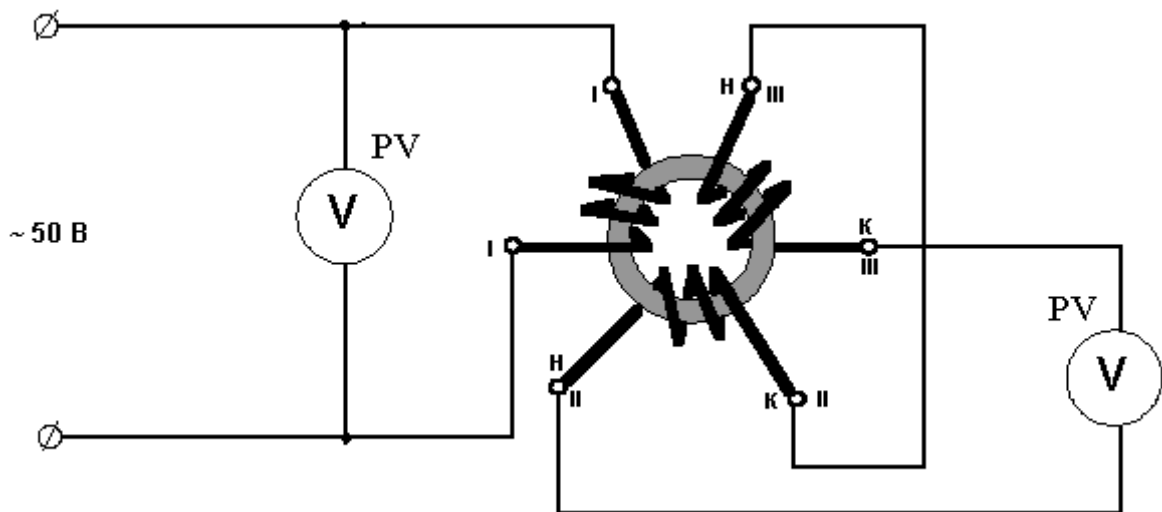


- в) собрать схему, как показано на рисунке 3. Вольтметр показал наличие напряжения 12В  
 г) пронумеровать конец и начало обмоток, как показано на рисунке 3



*Рисунок 3. Схема подключения обмоток электродвигателя*

- д) собрать схему согласно рисунка 4 и подключил к источнику питания  
 е) вольтметр, подключенный к обмоткам второй и третьей, показал напряжение 12В  
 ж) пронумеровать выводы обмоток, как указано на рисунке 4



*Рисунок 4. Подключение обмоток электродвигателя*

- з) обозначить и расположил выводы обмоток на клеммных зажимах электродвигателя.

10. Собрать схему согласно рисунка 5.

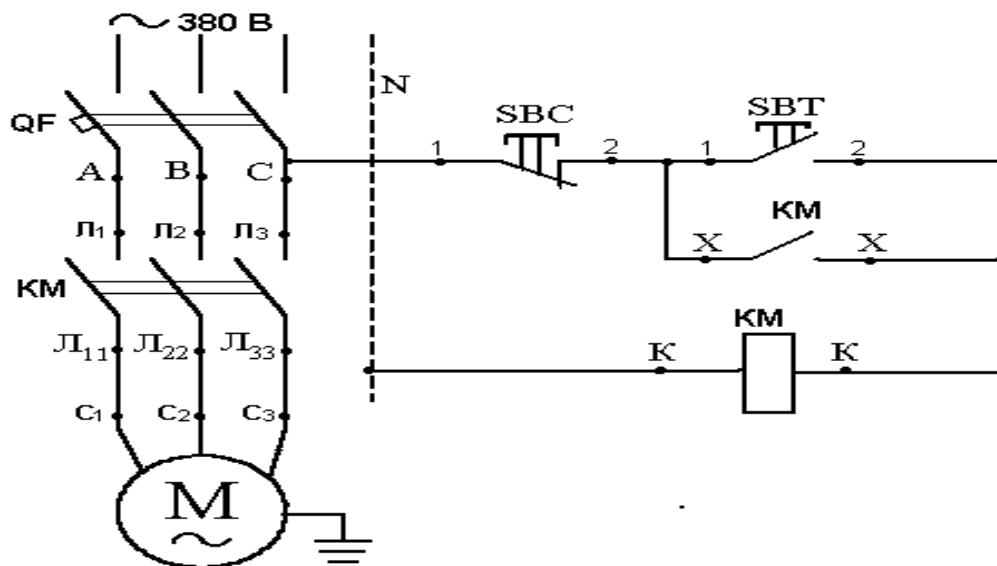


Рисунок 5. Схема подключения электродвигателя

11. С разрешения преподавателя подключить электродвигатель к источнику питания.
12. Ответить на контрольные вопросы, сделать вывод.

#### Контрольные вопросы

1. Что произойдет если соединить две вторичные обмотки статора последовательно ?
2. В каком соединении обмоток стрелка вольтметра окажется на нуле?
3. С помощью чего можно определить начало и конец обмоток статора электродвигателя?

#### Лабораторная работа 7

**Тема работы:** Измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателя

**Цель работы:** Изучение метода определения сопротивления установившейся температуры нагрева обмоток

#### Краткие теоретические сведения

Для двигателей переменного тока изоляция обмотки статора должна быть не менее 0,5 Мом. Сопротивление обмотки ротора и фазных двигателей не менее 0,2 Мом, сопротивление у двигателей переменного тока различных фаз должно отличаться друг от друга не более чем на 2 %.

Наиболее чувствительна к нагреву электрическая изоляция обмоток. Под действием высоких температур происходит тепловое старение изоляции, проявляющееся в ухудшении ее изоляционных и механических свойств.

Электроизоляционные материалы, применяемые в электродвигателях делят на пять классов нагревостойкости. Каждому классу соответствует допустимая предельная температура нагрева, при которой изоляция может надежно работать в течение длительного времени. При превышении указанной температуры, срок службы изоляции резко сокращается. Стандарты устанавливают предельно допустимые превышения температуры частей электрической машины. В соответствии с ГОСТ 18374 за температуру окружающей среды принята температура 40° С. Исходя из этого, превышение температуры какой-либо части машины определяется выражением:

$$\tau_{уст} = Q_{уст} - 40; \text{ где } (^\circ \text{C}),$$

$\tau_{уст}$  — установившаяся температура нагрева обмотки машины ° С. Продолжительность времени работы зависит от режима работы машины и ее массы может составлять от 2 до 5 часов.

### Порядок выполнения работы

1. Проверить отсутствие напряжения на электрооборудовании индикатором напряжения.
2. Убедиться в исправности и целостности клемм, зажимов, корпусов электрических приборов и аппаратов стенда.
3. Проверить состояние изоляции, зажимов, проводов, соединяющих проводников.
4. Ознакомиться с электрической принципиальной схемой и схемой (рисунок 2).
5. Записать технические данные (паспортные) электродвигателя, измерительных приборов и оборудования в таблицу 1.

Таблица 1 Технические данные оборудования

Наименование	Технические характеристики
Индикатор напряжения	
Электродвигатель	
Мегаомметр	
Омметр (мост)	
Мультиметр	
Лабораторный стенд №2	

#### 6. ОПЫТ № 1

Измерить сопротивление межвитковой изоляции между обмотками и относительно корпуса для двигателя переменного тока. Измерение проводить мегомметром. Корпус электродвигателя на стенде заземлён. Данные записал в таблицу 2.

Таблица 2 Результаты измерений сопротивления межвитковой изоляции

Исследуемое электрическое оборудование	Сопротивление, МОм						Допустимое значение
	А-К	В-К	С-К	А-В	В-С	С-А	
Электродвигатель переменного тока							

#### 7. ОПЫТ №2

Измерить омметром (мостом) сопротивление обмоток статора (электродвигатель был длительно отключён), данные записал в таблицу 3.

Таблица 3 Данные измерения сопротивления обмоток в холодном состоянии

Исследуемое электрическое оборудование	Сопротивление, Ом		
	Фаза (А)	Фаза (В)	Фаза (С)
Электродвигатель переменного тока			

8. С разрешения преподавателя подключить электродвигатель к сети по схеме:



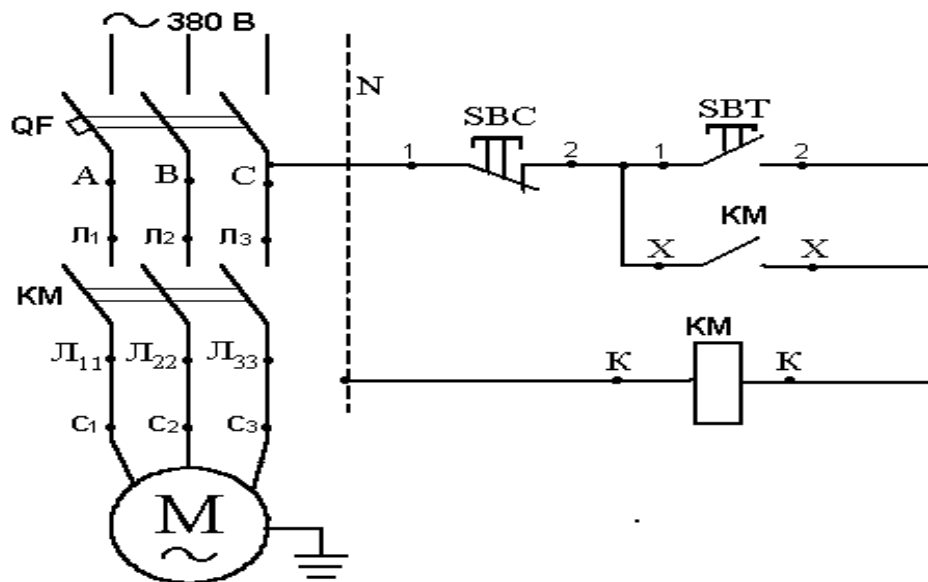


Рисунок 1 Схема подключения электродвигателя

Примечание: Все электрические соединения пусковой аппаратуры сделаны внутри стенда. Соединить обмотки двигателя в «звезду» и подал на них напряжение на силовые клеммы С 1, С 2, С 3.

а) двигатель работал 30 минут.

б) отключить электродвигатель и омметром (мостом) измерить сопротивление обмоток в горячем состоянии. Данные записал в таблицу 4.

Таблица 4 Данные измерения сопротивления обмоток в горячем состоянии

Испытуемое электрооборудование	Сопротивление, Ом		
	Фаза (А)	Фаза (В)	Фаза (С)
Электродвигатель переменного тока			

10. Подсчитать температуру нагрева обмотки по формуле:

$$Q_{уст} = \frac{R_2 - R_1}{\alpha \cdot R_1} + Q_1;$$

где  $Q_{уст}$  - температура обмотки установившаяся; [°C]

$Q_1$  - температура обмотки до включения, т. е.  $t$  окружающей среды; [°C]

$\alpha$  - температурный коэффициент для меди и алюминия = 0,004; [K<sup>-1</sup>]

$R_1$  - сопротивление обмотки до включения (в холодном состоянии); [Ом]

$R_2$  - сопротивление обмотки после работы (в горячем состоянии); [Ом]

11. Ответить на контрольные вопросы, сделать вывод.

#### Контрольные вопросы

1. Зачем испытывают обмотки на электрическую прочность?
2. Основные приборы и приспособления необходимые для проведения испытаний?
3. Зачем нужно знать температуры обмоток двигателя?
4. Какие классы нагревостойкости изоляции применяются в машинах переменного тока?
5. Почему с увеличением температуры увеличивается сопротивление обмоток?

## Лабораторная работа 8

**Тема работы:** Регулировка и испытание магнитного пускателя

**Цель работы:** Создать условия для регулировки и испытания магнитного пускателя.

### Материально - техническое оснащение

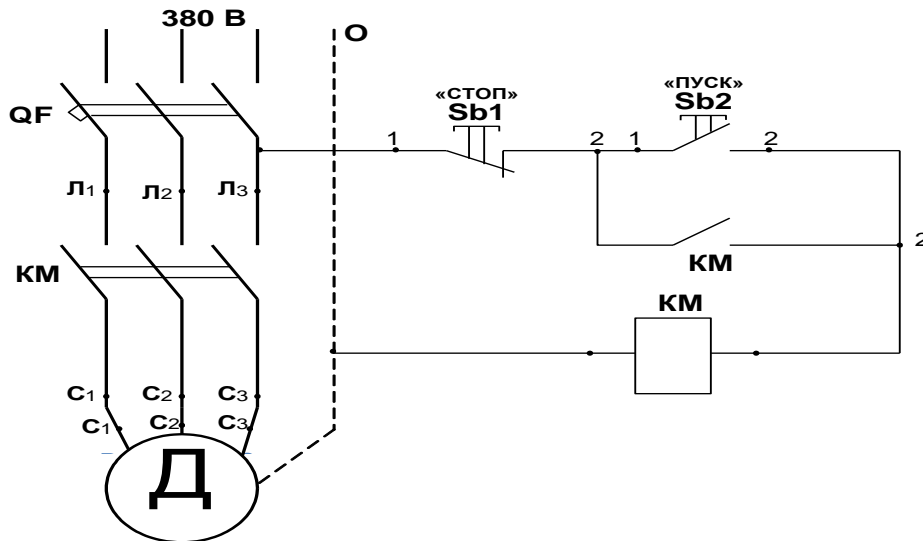
Магнитный пускатель ПМЕ - 1 шт.

Двухкнопочная станция — 1 шт.

Автоматический выключатель АП-50 или трехполюсный рубильник— 1 шт.

Монтажные провода, инструменты и приборы.

*Электрическая схема опыта*



### Краткие теоретические сведения

Нереверсивный магнитный пускатель предназначен для пуска, остановки и защиты электродвигателя и других электроприемников. Для включения нереверсивного магнитного пускателя применяют двухкнопочную станцию управления с одним замыкающим «Пуск» и одним размыкающим «Стоп» кнопочными контактами. Обмотку контактора магнитного пускателя подключают к источнику питания через двухкнопочную станцию.

Монтажная электрическая схема соединения нереверсивного магнитного пускателя типа ПМЕ — 212 с двухкнопочной станцией приведена на рисунке. На монтажной схеме внутренние соединения показаны сплошными линиями. Зажимы для подсоединения внешних проводников показаны светлыми кружками. Блок - контакты 1 - 2 и 3 - 4 устанавливаются только по просьбе заказчика.

Для включения нереверсивного магнитного пускателя необходимо нажать кнопку «Пуск». При этом замкнется цепь катушки контактора К, обеспечивая замыкание главных контактов пускателя. Одновременно замыкается блок - контакт К, шунтирующий кнопку. Теперь кнопку «Пуск» отпустить, так как электрическая цепь для прохождения тока сохраняется через кнопку «Стоп», блок - контакт К, катушку контактора, и контакты РТ и РТ тепловых реле.

Для отключения нереверсивного магнитного пускателя от источника тока, достаточно нажать кнопку «Стоп», которая разрывает цепь питания катушки, в результате чего якорь ее отпадает и пускатель разомкнет свои главные контакты от сети. Главные контакты также разомкнутся при исчезновении напряжения или понижении его в сети до 60-70% номинального значения.

## Порядок выполнения работы

Убедиться в отключенном состоянии вводного автоматического выключателя.

Проверить отсутствие питания на электрооборудовании стенда индикатором напряжения.

Убедиться в исправности и целостности клемм, зажимов, корпусов электрических приборов и аппаратов.

Проверить состояние изоляции, зажимов, проводов, соединяющих проводников.

Ознакомиться с электрической принципиальной схемой и схемой соединений

Изучить рекомендованную литературу в описание практической работы и записать паспортные данные аппаратов.

Ознакомиться с конструкцией нереверсивного магнитного пускателя и рассмотреть: главные контакты трехполюсного контактора, электромагнитную систему контактора.

Найти и проследить главную цепь и цепь управления магнитного пускателя.

Изучить электрические схемы двухкнопочной станции и нереверсивного магнитного пускателя.

Начертить схему включения обмотки катушки, нереверсивного магнитного пускателя ПМЕ-212 и показать ее преподавателю. Затем по этой схеме собрать электрическую цепь и дать проверить преподавателю.

. Опробовать работу нереверсивного магнитного пускателя.

Сделать вывод о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен нереверсивный магнитный пускатель?
2. Назовите основные элементы магнитного пускателя.
3. Нарисуйте реверсивную схему запуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

### Практическое занятие № 1

**Тема:** Расчет освещения производственного помещения.

**Цель работы:** Создать условия для расчета освещения производственного помещения.

#### Порядок работы:

- 1) Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями
- 2) Определить количество световых точек.
- 3) Определить мощность световых точек.
- 4) Сделать вывод .
- 5) Ответить на контрольные вопросы.

### 1 Краткие теоретические сведения

#### 1.1. Расчёт количества и мощности световых точек методом коэффициента использования.

Метод коэффициента использования дает возможность определить лампы, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном освещении с учетом света, отраженного стенами, потолком и полом или при заданном потоке найти освещенность. Этот метод непригоден для локализованного освещения, местного и наружного, а также при негоризонтальных рабочих поверхностях. Коэффициент использования светового потока (в долях единицы - это отношение потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп):

$$\eta = \frac{\Phi_p}{N * \Phi_{л}} \quad (5.1)$$

Величина этого коэффициента определяется по таблице в зависимости:

- от типа светильника;
- от коэффициента отражения потолка  $r_p\%$ , стены  $r_c\%$ , пола  $r_p\%$ ;
- от индекса помещения, который находится по формуле:

$$I = \frac{A * B}{h(A + B)} \quad (5.2)$$

где А-длина помещения(м);

В - ширина помещения (м);

h – высота помещения (м)

Примечание для неограниченно длинных помещений индекс помещения равен:

$$i = \frac{B}{h} \quad (5.3)$$

можно найти по таблице

основное уравнение метода:

$$\Phi = \frac{E_{сп} * k * S * z}{N * \eta}$$

где  $E_{min}$  - минимальная освещенность в люксах (Лк), определяется по таблице;

$K_3$  -коэффициент запаса, зависит от запыленности помещения (1,3-1,7 лампы накаливания и ДРЛ, 1,5-2 люминесцентные лампы);

S-площадь помещения ( $m^2$ );

характеризует неравномерность освещения ( $Z=1,15$  для ламп накаливания и ДРЛ,  $1=1,1$  для люминесцентных ламп,  $Z=1$  отражен для нового света,  $Z$  не учитывается при расчете на среднюю освещенность)

$$Z = \frac{E_{сп}}{E_{min}} \quad (5.5)$$

### **Порядок расчета:**

- количество светильников;
- выбирается  $E_{min}$ ;
- определяется  $\Phi$  или  $N$
- подбирается ближайшая стандартная лампа ( $\Phi$ ) по таблице, с отклонениями не более -10, +20%

### **Пример решения:**

#### **Дано:**

Склад. Окружающая среда взрывоопасная. Светильник ПВЛМ-Р

Лампа ЛБ-40-4

Световой поток  $\Phi=2850$ лм

Освещенность  $E_{min}=50$ лк

Коэффициент запаса  $K_3=1.5$

Поверхность  $\Gamma=0.8$ м

Коэффициенты отражения 30/10/10

Параметры помещения  $A=5,7$ ;  $B= 5,5$ ;  $H=4$ м

Основное уравнение метода

$$\Phi = \frac{E_{\min} * K * S * Z}{N * \eta}, \text{ где } S\text{-площадь помещения; } N\text{- кол-во светильников; } K\text{-коэффициент}$$

запаса;  $E_{\min}$ - освещенность.

Определим группу помещения  $i$ :

$$i = \frac{A \times B}{H(A + B)} = \frac{5.7 \times 5.5}{4(5.7 + 5.5)} = 0.7$$

По таблице 5-5[1] определим коэффициент использования светового потока  $\eta$ .

$$\eta = 20\% = 0.2$$

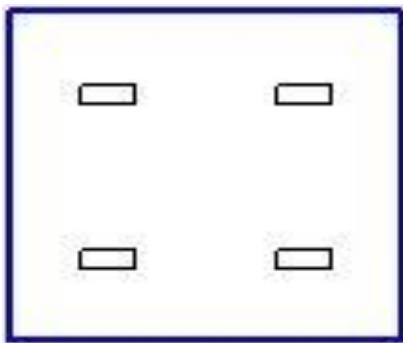
Найдём площадь помещения:

$$S = A \times B = 5.7 \times 5.5 = 31,35 \text{ м}^2$$

Найдем количество светильников

$$N = \frac{E_{\min} * K_3 * S * Z}{\Phi * \eta} = \frac{50 * 1.5 * 31.35 * 1.1}{0.2 * 2850} = 4 \text{ (штук)}$$

**Вывод:** для создания заданной освещенности 50лк необходимо в складе установить 4 светильника типа ПВЛМ-Р с люминесцентной лампой ЛБ-40-4.



## 1.2. Расчёт количества и мощности световых точек методом удельной мощности.

Удельной мощностью называется частное от деления общей мощности ламп  $P$  на площадь  $S$

Удельная мощность  $P$  - это важнейший энергетический показатель осветительной установки, который используется:

- для оценки экономических расчетов
- для самоконтроля расчетов
- для предварительного определения осветительной нагрузки на начальных стадиях проектирования

Метод удельной мощности применяется для расчета общего равномерного освещения при

$$P = \frac{\omega * S}{N} \text{ (Вт)} \quad (5.6)$$

отсутствии требующих учета затенений и в пределах тех "паспортных" данных, для которых составлены таблицы. Этот метод не применяется для расчета освещения гардероба, санузлов и других малых помещений.

Таблицы для расчета составлены с учетом следующих паспортных данных'-

а) для ламп накаливания

- тип светильника
- освещенности
- коэффициента запаса  $K_3$  (при его значениях, отличающихся от указанных в таблицах, допускается пропорциональный пересчет удельной мощности.).
- коэффициенты отражения поверхности помещения (для светильников прямого света и только для них, т.е. при  $\rho_n=50\%$ ,  $\rho_c=30\%$  и  $\rho_p=10\%$ , допускается при более светлых

поверхностях уменьшать, а при более темных увеличивать значение удельной мощности на 10%

- значение расчетной высоты.
- площадь равномерного освещения.
- коэффициент Z
- отношение  $L/h^X$ , те экономически выгодного расположения светильников

б) для люминесцентных ламп

все вышесказанное, но со следующими отличиями

- данные приведены только для освещенности 100 Лк (т.к. освещенность и удельная мощность для этого случая находится в прямо пропорциональной зависимости)
- в качестве одного из паспортных данных принят тип- мощность -световая отдача лампы

в) для ламп типа ДРЛ

1 данные только для освещенности 100 Лк (с пропорциональным пересчетом при других освещенностях, т.к световая отдача у этих ламп одинакова)

### Пример решения:

**Дано:**

Комната начальника цеха

Окружающая среда - нормальная

Светильник ОВЛ

Лампа ЛБ-40-4

Световой поток  $\Phi=2850\text{лм}$

Освещенность  $E_{\min}=300\text{лк}$

Коэффициент запаса  $K_3=1.5$

Коэффициент неравномерности освещения  $Z=1.1$

Поверхность  $\Gamma=0.8\text{м}$

Коэффициенты отражения 50/30/10

Параметры помещения  $A=11.5$ ;  $B= 11.5$ ;  $H=4\text{м}$

Определяем расчётную высоту: $h= 3\text{м}$

Определяем площадь помещения:

$$S=A \times B=11.5 \times 11.5=132.25 \text{ м}^2$$

Определяем удельный коэффициент мощности по таблице

$$\varpi =7,5 \text{ Вт/м}^2$$

При условиях (30/10/10;  $K_3=1.5$ ;  $Z=1.15$ )

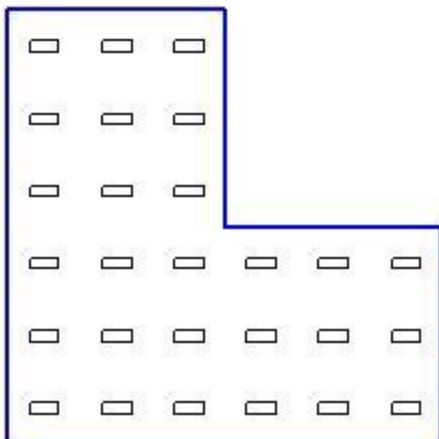
$$\varpi =7,5 \times 3=22,5 \text{ Вт/м}^2$$

Окончательный коэффициент удельной мощности принимаем  $22,5 \text{ Вт/м}^2$

Определяем число светильников в помещении:

$$N = \frac{\varpi * S}{P} = \frac{22.5 * 132.25}{80} = 37 \text{ (штук)}$$

**Вывод:** для создания заданной освещенности 300лк необходимо в сварочном помещении установить 26 светильников типа ОВЛ с лампой люминесцентной лампой ЛБ-40-4.



### 1.3. Точечный метод расчета

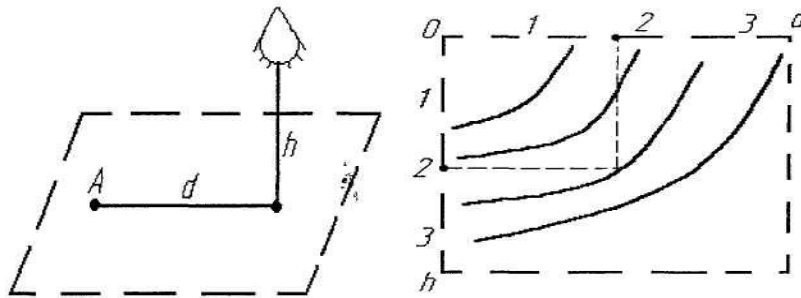
Точечный метод применяют для расчета общего равномерного, общего локализованного и местного освещения при наличии или отсутствии затемнений при любом расположении освещаемых поверхностей, но как правило, только при светильниках прямого света. Этот метод применяется также при расчете наружного освещения. Кругло симметричные точечные излучатели

#### Методика расчета:

1. Принимаем, что поток лампы (светильника) равен 1000лм
2. Определяем условную освещенность создаваемую потоком в 1000лм

#### **Примечание:**

а) условную освещенность определяют по пространственным изо люкс горизонтальной освещенности в зависимости от  $d$ ,  $h$ , которые определяются обмером по масштабному плану



**Рисунок 1. Пространственные изолюксы горизонтальной освещенности**

Если  $d$  и  $h$  выходят за пределы шкал, то возможно пропорционально изменить в " $n$ " раз, а определенное значение условной освещенности " $e$ " изменить в " $n^2$ " раз, то есть

$$e = n^2 \cdot e_n$$

$$e = \left(\frac{1}{n}\right)^2 \cdot e_n$$

б) При отсутствии изолюкс данного светильника можно воспользоваться графиками для излучателя, имеющего силу света 100 кд по обоим направлениям то есть:

- где  $e_{100}$  и  $e$  по графику (рис. 5) тогда сила света  $I$  находится по кривой светильника;
- находится суммарная условная освещенность  $\Sigma e$  от ближайших светильников к контрольной точке (3, 4 ближайших светильника)

$$e = e_{100} \frac{I_{\alpha}}{100} \quad (5.10)$$

- учитывается коэффициент  $\mu$ , характеризующих действие более далеких светильников и отраженную составляющую ( $\mu = 1, 1-1, 2$ );
- принимается (учитывается) заданный коэффициент запаса;
- определяется поток каждого светильника

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E \cdot K_3}{\mu \cdot \Sigma e} \quad (5.11)$$

- выбирается ближайшая лампа с потоком в пределах -10, +20%

### Пример решения:

Исходные данные:

КТП

Окружающая среда- нормальная

Светильник НСП-09

Лампа Б-200

Световой поток  $\Phi=2920$ лм

Освещенность  $E_{\min}=75$ лк

Коэффициент неравномерности освещения  $Z=1.15$

Поверхность В-1.5м

Коэффициент отражения 30/10/10%

Параметры помещения:

$A=11.5$ м;  $B=5.5$ м;  $h=4$ м

$d_1=1.14$  м,  $d_2=2.6$  м,  $d_3=4.8$  м.

$h_{p1}=1.5$ м,  $h_{p2}=1.5$ м,  $h_{p3}=1.5$ м.

$e_1=15$ м,  $e_2=4.5$ м,  $e_3=0.95$ м.

$$\sum e = e_1 + 2e_2 + 2e_3 = 15 + 2 \times 4.5 + 0.95 \times 2 = 25.9 \text{ лм}$$

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E \cdot \kappa_z}{\mu \cdot \sum e} = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1.3}{1.2 \cdot 25.9} = 3137 \text{ лм}$$

$$(2823 \text{ лм}) - 10\% = 2282 = +20\% (3764 \text{ лм})$$

Лампа Б-200  $\Phi=2920$ лм

**Вывод:** для создания заданной освещенности 75 лк необходимо в КТП установить 10 светильников типа НСП-09-200 с лампой накаливания Б-200

### Контрольные вопросы:

1. Что такое коэффициент использования?
2. Какую возможность дает коэффициент использования?
3. Что называется удельной мощностью?
4. Для чего применяется метод удельной мощности?
5. Для чего применяют точечный метод расчета световых точек?



Приложение 1

Вариант	Наименование помещения	А, м	В, м	Н, м	Тип светильника	Тип лампы	Коэффициент запаса $K_z$	Освещенность $E_{min}, \text{Лк}$	Световой поток $\Phi, \text{Лм}$	Коэффициенты отражения потолка $p_n\%$ , стены $p_c\%$ , пола $p_p\%$ ;
1	Склад	8	8	4	НСП-07	Б-220-150	1,3	75	2100	30/10/10
2	Помещение мастера	15	8	3,5	ЛД	ЛБ-80-4	1,5	150	3660	70/50/30
3	КТП	10	5	3	НСП-07	Г-220-150	1,3	75	2000	50/30/10
4	Машинный зал	35	12	8	УПДДРЛ-250	ДРЛ-250	1,5	150	11000	50/30/10
5	Помещение аккумуляторное	20	10	4	НСП-09	Г-220-150	1,3	150	2000	30/10/10
6	Помещение зарядных агрегатов	12	6	4	ЛД	ЛБ-80-4	1,5	75	3660	30/10/10
7	Шиноремонтное отделение	11	5	4	НСП-07	Б-220-150	1,3	100	2100	50/30/10
8	Ремонтное отделение	17	6	3	УПДДРЛ-250	ДРЛ-250	1,3	150	11000	50/30/10
9	Гальваническое отделение	12	8	4	НСП-07	Г-220-150	1,3	150	2000	30/10/10
10	Механическое отделение	25	12	4	НСП-09	Б-220-150	1,5	150	2100	50/30/10
11	Сварочное отделение	10	6	3	НСП-07	Г-220-150	1,3	75	2000	30/10/10
12	Станочное отделение	32	12	7	УПДДРЛ-250	ДРЛ-250	1,5	150	11000	50/30/10
13	Столярные	13	5	4	ЛД	ЛБ-80-4	1,5	200	3660	50/30/10

	мастерские									
14	Кладовая	14	7	3	НСП-07	Г-220-150	1,3	50	2000	30/10/10
15	Помещение мастера	20	12	4	ЛД	ЛБ-80-4	1,5	100	3660	70/50/30
16	Склад	12	7	3,5	НСП-09	Г-220-150	1,3	75	2000	30/10/10
17	Помещение мастера	14	8	3	НСП-07	Б-220-150	1,5	150	2100	70/50/30
18	КТП	12	6	3	НСП-09	Г-220-150	1,3	75	2000	50/30/10
19	Машинный зал	24	12	8	УПДДРЛ-250	ДРЛ-250	1,7	200	11000	50/30/10
20	Ремонтное отделение	15	7	4	НСП-07	Г-220-150	1,5	150	2000	50/30/10
21	Гальваническое отделение	12	10	4	ПВЛМ	ЛБ-80-4	1,3	75	3660	30/10/10
22	Шиноремонтное отделение	10	10	3	НСП-07	Б-220-150	1,3	100	2100	50/30/10
23	Ремонтное отделение	12	9	3,5	НСП-09	Г-220-150	1,5	150	2000	50/30/10
24	Гальваническое отделение	10	6	3	ПВЛМ	ЛБ-80-4	1,3	50	2000	30/10/10
25	Механическое отделение	32	24	8	УПДДРЛ-250	ДРЛ-250	1,5	150	11000	50/30/10
26	Сварочное отделение	12	7	3,5	НСП-09	Г-220-150	1,3	75	2000	30/10/10
27	Станочное отделение	30	20	9	УПДДРЛ-250	ДРЛ-250	1,3	150	11000	50/30/10
28	Мастерская	14	7	4	ПВЛМ	ЛБ-80-4	1,3	75	3660	70/50/30
29	Кладовая	12	6	3	НСП-07	Б-220-150	1,3	50	2100	30/10/10
30	Склад	10	7	3,5	НСП-09	Г-220-150	1,3	75	2000	30/10/10

## Практическое занятие 2

**Тема:** Составление и расчет схемы электрического освещения.

**Цель работы:** Создать условия для составления и расчета схемы электрического освещения.

### **Порядок работы:**

- 1) Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
- 2) Составить схему электрического освещения.
- 3) Рассчитать схему электрического освещения.
- 4) Сделать вывод.
- 5) Ответить на контрольные вопросы.

### **Краткие теоретические сведения:**

Исходя из экономической целесообразности электрические сети сооружаются с убывающей величиной сечения проводов в направлении от источника к электроприемникам.

Величину располагаемой потери напряжения в сети можно распределять в питающей и распределительной сетях по-разному. В следствии этого расчетные сечения проводов на каждом участке сети принимают различные величины. Соответственно изменяется общий объем и вес проводникового материала. Однако из всех возможных вариантов распределения потери напряжения между отдельными участками сети имеется наиболее выгодный. Этот вариант определяется на основании расчета сети на минимум расхода проводникового материала. Электрические сети, к которым подключены силовые электроприемники, в редких случаях рассчитывают на минимум проводникового материала. Такой расчет выполняется чаще всего при проектировании осветительных сетей, имеющих большее количество разветвлений.

### **Методика расчета:**

Далее по формуле  $M = l_{пров} \cdot \sum^n P$  определяем моменты мощности всех участков.

После нахождения длинны и моментов определяем сечение провода данного участка сети по следующей формуле:

$$F = \frac{\sum M + \alpha_{np} \sum m}{C \cdot \Delta U_{д} \%} \quad (2.1)$$

где  $\sum M$  - сумма моментов мощности данного и последующих по направлению передачи энергии участков с тем же числом проводов;

$\alpha_{np} \sum m$  - сумма моментов мощности всех последующих по направлению передачи энергии участков с другим числом проводов, умноженных на коэффициенты приведения моментов (таблица 2.1);

C-Коэффициент соответствующий данному участку сети (таблица 2.2)

Таблица 2.1

Линия	Ответвление	Коэффициент приведения моментов, $\alpha$
3-х фазная с нулевым проводом	Однофазное	1.85
3-х фазная с нулевым проводом	2-х фазное с нулевым проводом	1.39
2-х фазная с нулевым проводом	Однофазное	1.33
3-х фазная без нулевого провода	Двухфазное (двухпроводное)	1.15

Таблица 2.2

Номинальное напряжение сети	Схема сети и род тока	Значение С	
		Медные провода	Алюминиевые провода
380/220	3-х фазная с нулевым проводом	77	46
380/220	2-х фазная с нулевым проводом	34	20
380/220	Однофазная и нулевой	12,8	7,7

Пример решения:

Расчёт 1

Исходные данные

Щиток осветительный ЩО1

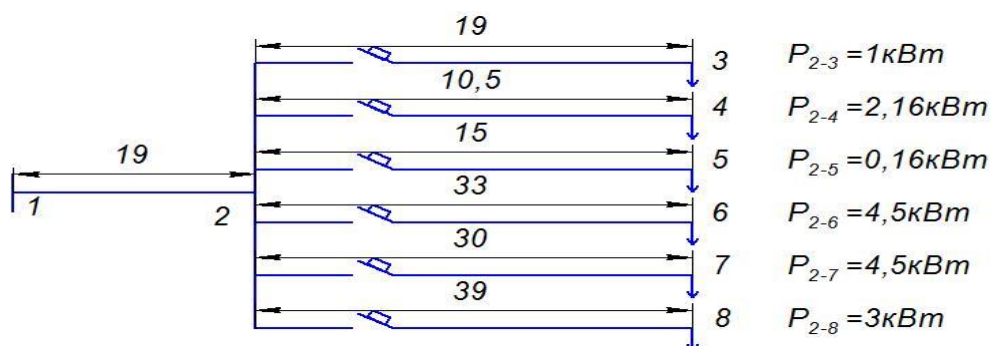


Рисунок 2.1. Схема осветительной сети щитка ЩО1

Решение. По таблице 2.1 для четырехпроводной сети 380/220 В коэффициент  $C_1=77$ , а для трехпроводной  $C_2=12,8$

Как правило, допустимые потери напряжения в осветительной сети до наиболее удалённого светильника  $\Delta U = 5.5\%$  [22]

Заменим равномерно распределённую по длине нагрузку сосредоточенной в середине линии. По формуле 2.2

$$L_{\text{прив}} = l_0 + l/2$$

Где  $l_0$  - длина от щитка до светильника, м.

$l$  - длина от первого светильника до последнего, м.

$$l_{\text{прив}2-3} = 19 \text{ м}$$

$$l_{\text{прив}2-4} = 10.5 \text{ м}$$

$$l_{\text{прив}2-5} = 15 \text{ м}$$

$$l_{\text{прив}2-6} = 33 \text{ м}$$

$$l_{\text{прив}2-7} = 30 \text{ м}$$

$$l_{\text{прив}2-8} = 39 \text{ м}$$

По формуле 2.3

$$M = l_{\text{прив}} \cdot \sum_i^n P$$

Где  $\sum_i^n P$  - сумма мощностей всех светильников, кВт

$l_{\text{прив}}$  - приведенная длина линии, м

$$M_{\text{прив}2-3} = 19 * 1 = 19 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{прив}2-4} = 10.5 * 2.16 = 22.68 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{прив}2-5} = 15 * 0.16 = 2.4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{прив}2-6} = 33 * 4.5 = 148.5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{прив}2-7} = 30 * 4.5 = 135 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{прив}2-8} = 39 * 3 = 117 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Момент питающей линии 1-2:

$$M_{1-2} = \sum P \cdot l_{1-2}$$

Где  $l_{1-2}$  - длина питающей линии, м;

$\sum P$  - сумма мощностей линии, кВт

$$M = 15,32 * 19 = 291.1 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Определяем сечение линии 1-2 по формуле (2.1)

$$F = \frac{\sum M + \alpha_{\text{пр}} \sum m}{C \cdot \Delta U \vartheta \%},$$

Где  $\sum M$  - сумма моментов нагрузки участков, кВт·м;

$\sum m$  - сумма моментов нагрузки всех ответвлений, кВт·м;

$\alpha_{\text{пр}}$  - коэффициент приведения моментов;

$\Delta U$  - допустимая потеря напряжения, %.

$$F = \frac{291.1 + 1.85 * (19 + 22.68 + 2.4 + 148.5 + 135 + 117)}{7.7 * 5.5} = 2.62 \text{ мм}^2$$

Принимаем большее стандартное сечение кабеля ВВГ-1-5х4мм<sup>2</sup> и по формуле 2.4. находим действительную потерю напряжения в линии 1-2:

$$\Delta U = 291.1 / (77 * 4) = 0,94\%$$

Тогда сечение участков по формуле (3.48) [3. 185]:

$$F = \frac{\sum_i^n M}{\Delta U \cdot C_2}$$

$$F_{2-3}=19/(4.56*7.7)=0.54 \text{ мм}^2$$

принимаем сечение 2,5 мм<sup>2</sup>

$$F_{3-4}=22.68/(4.56*7.7)=0.67 \text{ мм}^2$$

принимаем сечение 2,5 мм<sup>2</sup>

$$F_{4-5}=2.4/(4.56*7.7)=0.06 \text{ мм}^2$$

принимаем сечение 2,5 мм<sup>2</sup>

$$F_{2-6}=148.5/(4.56*7.7)=3.83 \text{ мм}^2$$

принимаем сечение 4 мм<sup>2</sup>

$$F_{3-7}=137/(4.56*7.7)=3.64 \text{ мм}^2$$

принимаем сечение 4 мм<sup>2</sup>

$$F_{4-8}=117/(4.56*7.7)=3.3 \text{ мм}^2$$

принимаем сечение 4 мм<sup>2</sup>

Проверим выбранные сечения питающего кабеля по длительному допустимому току нагрузки:

$$I_p = \frac{\sum P}{\sqrt{3}U_n} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 1} = \frac{15.32}{0.65} = 23 \text{ A}$$

Все выбранные сечения проводников удовлетворяют условию (3.1) [3. 156]

$$I_p \leq I_d$$

### Контрольные вопросы:

1. Чему равен коэффициент приведения моментов для 2-х фазной линии с нулевым проводом?
2. Как определить сечение провода?
3. Как определить моменты мощности всех участков?

Приложение

Вариант	Длина участка 1-2, м	Длина участка 2-3, м	Длина участка 2-4, м	Длина участка 2-5, м	Длина участка 2-6, м	Длина участка 2-7, м	Длина участка 2-8, м	Мощность участка 2-3, кВт	Мощность участка 2-4, кВт	Мощность участка 2-5, кВт	Мощность участка 2-6, кВт	Мощность участка 2-7, кВт	Мощность участка 2-8, кВт
1	29	24	12	21	16	18	40	2	1,7	1,5	2,4	3,9	4
2	26	20	15	22	13	12	-	1,7	1,5	1,3	2,9	4	-
3	21	18	13	19	24	19	35	1,3	2	2	3,5	3	2,8
4	22	19	14	20	17	16	-	1,5	1,6	2,3	3,2	3,1	-
5	19	13	18	22	19	-	-	1,2	1,4	3,2	3,6	-	-
6	23	17	20	32	15	20	30	2	2,1	1,9	2,6	2,2	2
7	25	19	23	10	25	23	-	1,3	2,6	2,4	2,6	2,9	-
8	28	22	17	9	23	25	31	1,7	2,3	0,6	2,3	3,6	4,4
9	18	21	15	13	14	18	41	1,5	3,6	2,3	4,5	4,5	2,8
10	20	13	15	10	20	15	23	2,2	2,5	1,3	0,8	2,6	4
11	21	19	20	19	20	12	37	1,7	1,7	2,9	3,2	2,3	4,5
12	25	12	16	13	32	28	-	2,5	2,5	4,5	3,2	0,4	3,6
13	22	10	19	20	29	32	29	4,5	2,3	2,4	2,3	2,3	0,4
14	23	13	14	16	18	23	29	3,7	2,8	2,3	1,9	2,3	4,5
15	20	10	13	23	20	29	32	2,9	2,6	1,6	1,5	4,5	3,2
16	19	11	12	19	21	23	-	4,5	2,9	3,6	0,4	0,4	-
17	20	16	22	33	29	15	33	2,2	2,3	2,9	0,9	2,6	2,6
18	23	20	20	19	28	22	24	4	3	1,5	1,5	3	2
19	30	25	11	20	32	21	32	1,5	3	0,2	3,6	4,5	5
20	15	16	17	13	22	20	30	2,2	2,2	2,2	3	0,5	3
21	19	20	18	21	30	-	-	1,5	2,5	3	2,5	-	-
22	15	17	16	19	20	29	29	2,5	2,5	4,5	3,2	0,4	3,6
23	12	26	18	26	21	28	30	1,5	3,6	2,3	4,5	4,5	2,8
27	15	24	19	21	22	15	-	2	2	1,5	3	0,4	-
25	11	16	17	22	23	20	24	1,3	2	2	3,5	3	2,8
26	16	13	15	17	30	33	25	1,5	3	0,2	3,6	4,5	5
27	14	22	20	18	17	12	-	2,5	2,5	4,5	3,2	0,4	-
28	13	21	22	10	26	-	-	0,4	3,2	3,2	2,5	-	-
29	12	20	17	13	20	21	26	1,3	2	2	3,5	3	2,8
30	19	28	15	20	19	17	-	1,5	2,3	3	2,3	4	-

## Практическое занятие 3

**Тема работы:** Изучение электрооборудования обрабатывающей установки.

**Цель работы:** Создать условия для изучения электрооборудования обрабатывающей установки.

### Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Нарисовать и описать токарно-винторезный станок.
3. Нарисовать и описать токарно-револьверный станок.
4. Нарисовать и описать тяжелый карусельный станок.
5. Сделать вывод.
6. Ответить на контрольные вопросы.

### Краткие теоретические сведения

Станки токарной группы относятся к наиболее распространенным металлорежущим станкам и широко применяются на промышленных предприятиях, в ремонтных мастерских и т.п. В эту группу входят: универсальные токарные и токарно-винторезные, револьверные, токарно-лобовые, карусельные, токарно-копировальные станки, токарные автоматы и полуавтоматы.

На токарных станках производится обработка наружных, внутренних и торцевых поверхностей тел вращения цилиндрической, конической и фасонной формы, а также прорезка канавок, нарезка наружной и внутренней резьбы и т.д. Режущими инструментами на токарных станках служат в основном резцы, но применяются также и сверла, развертки, метчики, плашки и др.

Характерной особенностью станков токарной группы является осуществление главного движения за счет вращения обрабатываемой детали. Подача режущего инструмента производится путем поступательного перемещения суппортов.

Наибольшее применение получили универсальные токарно-винторезные станки, на которых

выполняются всевозможные токарные работы. В электромашиностроении на токарных станках производится (заточка валов, подшипниковых щитов и других деталей электрических машин. На рис. 7-1 показан общий вид универсального токарно-винторезного станка. Основные узлы станка: станина 1, передняя (шпиндельная) бабка 2 с коробкой скоростей и шпинделем 3, суппорт 4, задняя бабка 5, коробка подач 6, фартук 7 и шкаф с электрооборудованием 8. Станина является

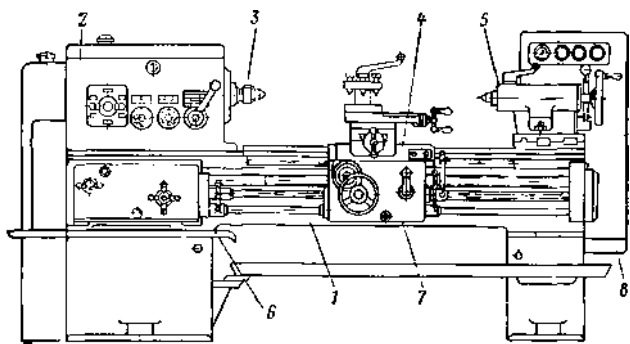


Рис. 7-1. Общий вид токарно-винторезного станка модели 1К62Б.

основной несущей конструкцией станка. По направляющим станины перемещается нижняя каретка суппорта, а также задняя бабка. Шпиндель представляет собой полый вал, через который можно пропускать прутковый материал при обработке его на станке. На шпиндель накручивается патрон либо план - шайба для закрепления обрабатываемого изделия, а также может устанавливаться передний центр при обработке изделия в центрах.

Суппорт служит для закрепления режущего инструмента (резца) и сообщения ему движений подачи: продольной и поперечной. Фартук соединен с нижней кареткой суппорта и перемещается вместе с ней вдоль станины. Движение суппорту передается через механизм фартука от ходового вала либо от ходового винта, которые получают вращение от коробки подач. Ходовой винт используется при нарезании резьб, ходовой вал - при всех других видах обработки. Задняя бабка используется как вторая опора при обработке в центрах сравнительно



длинных изделий. Она имеет выдвижную пиноль, в которой закрепляется задний центр или режущий инструмент для обработки отверстий — сверла, метчики, развертки и др.

**Токарно-револьверные станки** предназначены для обработки в серийном производстве

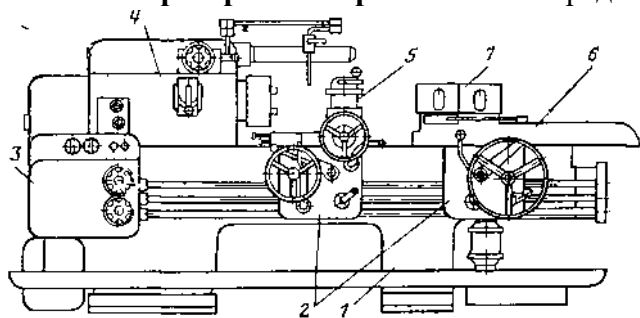


Рис 7-2 Общий вид токарно-револьверного станка модели 11365.

деталей сложной формы, в том числе болтов, гаек и др. Процесс обработки на этих станках состоит из нескольких последовательных операций, во время которых используются различные инструменты: резцы, сверла, метчики и др., закрепленные в так называемой револьверной головке, которая устанавливается на суппорте. В электромашиностроении токарно-револьверные станки применяются для обработки подшипниковых щитов, втулок и нажимных конусов коллекторов электрических машин. Применение этих станков повышает производительность труда в 2—3 раза по сравнению с обработкой на токарно-винторезных станках.

На рис. 7-2 показан общий вид токарно-револьверного станка, основными узлами которого являются: станина 1, фартуки 2 поперечного суппорта 5 и суппорта 6 револьверной головки, коробка подач 3, шпиндельная бабка 4, револьверная головка 7. При обработке заготовки инструменты поочередно вводятся в работу путем поворота револьверной головки вокруг своей оси.

Суппорт с головкой может совершать быстрые продольные перемещения по направляющим станины. Револьверные головки обычно имеют шестигранную форму, режущие инструменты закрепляются в радиальных отверстиях (гнездах) головки.

**Карусельные станки** являются разновидностью токарных станков. Их применяют для наружной обточки

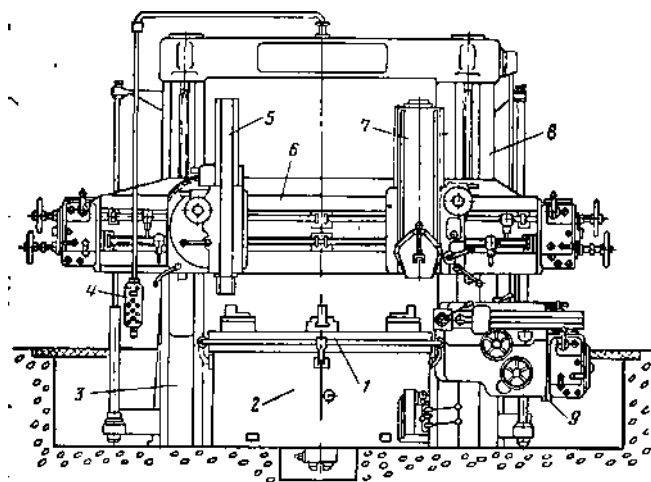


Рис. 7-3 Общий вид тяжелого карусельного станка модели 1553.

и внутренней расточки цилиндрических поверхностей, обточки торцов на крупных деталях большого диаметра (до 13 м и более), но сравнительно небольшой длины, например: заготовок зубчатых колес, дисков паровых турбин и др. На рис. 7-3 показан общий вид тяжелого двухстоечного карусельного станка. Обрабатываемая деталь закрепляется на горизонтальной планшайбе 1, размещенной на станине 2, и обтачивается резцами, установленными на левом 5 и правом 7 верхних суппортах, а также на боковом суппорте 9. Верхние суппорты расположены на поперечине (траверсе) 6, которая перемещается по двум стойкам 3 и 8. Боковой суппорт может перемещаться вдоль стойки 8. Управление электроприводами станка может осуществляться при помощи подвесной кнопочной станции

### Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены токарно-винторезные станки?
2. Для чего предназначены токарно-револьверные станки?
3. Для чего предназначены тяжелые карусельные станки?
4. Какие станки входят в токарную группу?

## Практическое занятие 4

**Тема работы:** Изучение электрооборудования насосной установки

**Цель работы:** Создать условия для изучения электрооборудования насосной установки

### Краткие теоретические сведения.

Насосные установки широко применяются на электромашиностроительных предприятиях для перекачивания (транспортировки) жидких сред – вязких жидкостей, а также технологической и охлаждающей воды. Сюда относятся, например, насосы для перекачки охлаждающей эмульсии в металлообработке, насосы в системе водоснабжения и канализации, специальные насосы для химических сред (щелочей и кислот) в гальванических цехах, насосы для пропиточных составов, лакокрасочных материалов и т.д.

### Специальная аппаратура для автоматизации насосных установок.

Кроме аппаратуры общего назначения – контакторов, пускателей, промежуточных реле, универсальных переключателей и т.п. в системах автоматизации насосных установок используют специальные аппараты управления и контроля: реле контроля уровня жидкости, струйные реле, реле давления, реле контроля заливки центробежных насосов.

В качестве реле контроля уровня применяют поплавковые реле, электродные реле уровня, манометры различных типов, устанавливаемые на сливном трубопроводе, датчики емкостного типа, радиоактивные датчики.

**Поплавковые реле уровня** применяют обычно для контроля уровня неагрессивных жидкостей. На рис. 6, а, показано схематическое устройство такого реле. В открытый резервуар, в котором контролируется уровень жидкости, погружен поплавок 1, подвешенный на гибком канате через блок 3 и уравновешенный грузом 6. На канате укреплены две переключающие шайбы 2 и 5, которые при предельных уровнях жидкости в резервуаре поворачивают коромысло 4 контактного устройства 8. При поворотах коромысло замыкает соответственно контакты 7 и 9.

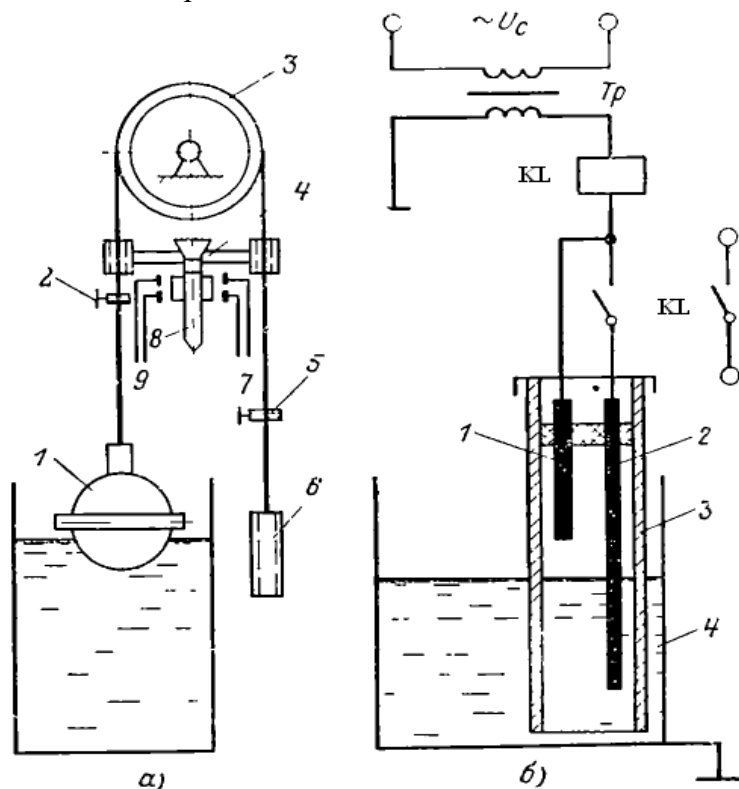


Рис. 6. Специальная аппаратура управления насосными установками  
а - поплавковое реле уровня, б - схема электродного датчика (реле) уровня

**Электродное реле (датчик) уровня**, схематически показанное на рис. 7, б, применяют для контроля уровня электропроводных жидкостей. Реле состоит из двух металлических электродов 1 и 2, помещенных в кожухе 3, который опускается в резервуар 4 с жидкостью. Электроды реле включены в цепь катушки малогабаритного промежуточного реле KL, которое питается от понижающего трансформатора Тр.

При подъеме уровня жидкости в резервуаре до короткого электрода 1 образуется электрическая цепочка: вторичная обмотка Тр – катушка KL – электрод 1 – жидкость – корпус 4 резервуара. Реле KL срабатывает и становится на самопитание через свой контакт и электрод 2, а другим контактом производит переключения в цепях управления насосного агрегата, вводя

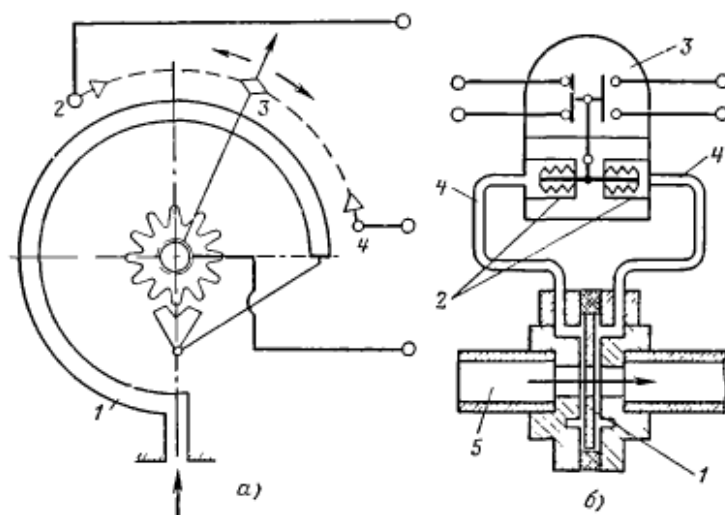


Рис. 7. Специальная аппаратура управления компрессорами

а) электроконтактный манометр: 1 - трубчатая пружина, 2 - неподвижный контакт, 3 - подвижный контакт, 4 - неподвижный контакт; б) струйное реле: 1 - дроссельное устройство диафрагмы, 2 - мембраны сифона, 3 - контакты реле, 4 - трубки, 5 - трубопровод

его в работу. При опускании уровня жидкости ниже электрода 2 цепь питания катушки КЛ прерывается, контакты КЛ размыкаются, вследствие чего насосный агрегат отключается. По условиям безопасности реле КЛ выбирают обычно на низкое напряжение.

Реле контроля заливки центробежных насосов могут работать также на принципе поплавка, но в настоящее

время стали широко применять реле мембранного типа. Такие реле устанавливаются на 0,3 – 0,5 м выше уровня насоса. При заливке его жидкостью мембрана прогибается, перемещает прикрепленный к ней шток, который переключает контактную систему реле. После снижения давления мембрана пружиной возвращается в исходное положение. Достоинством мембранных реле является большая чувствительность и способность выдерживать высокие давления, они применяются, в частности, при заливке насосных агрегатов с помощью вакуум-насоса.

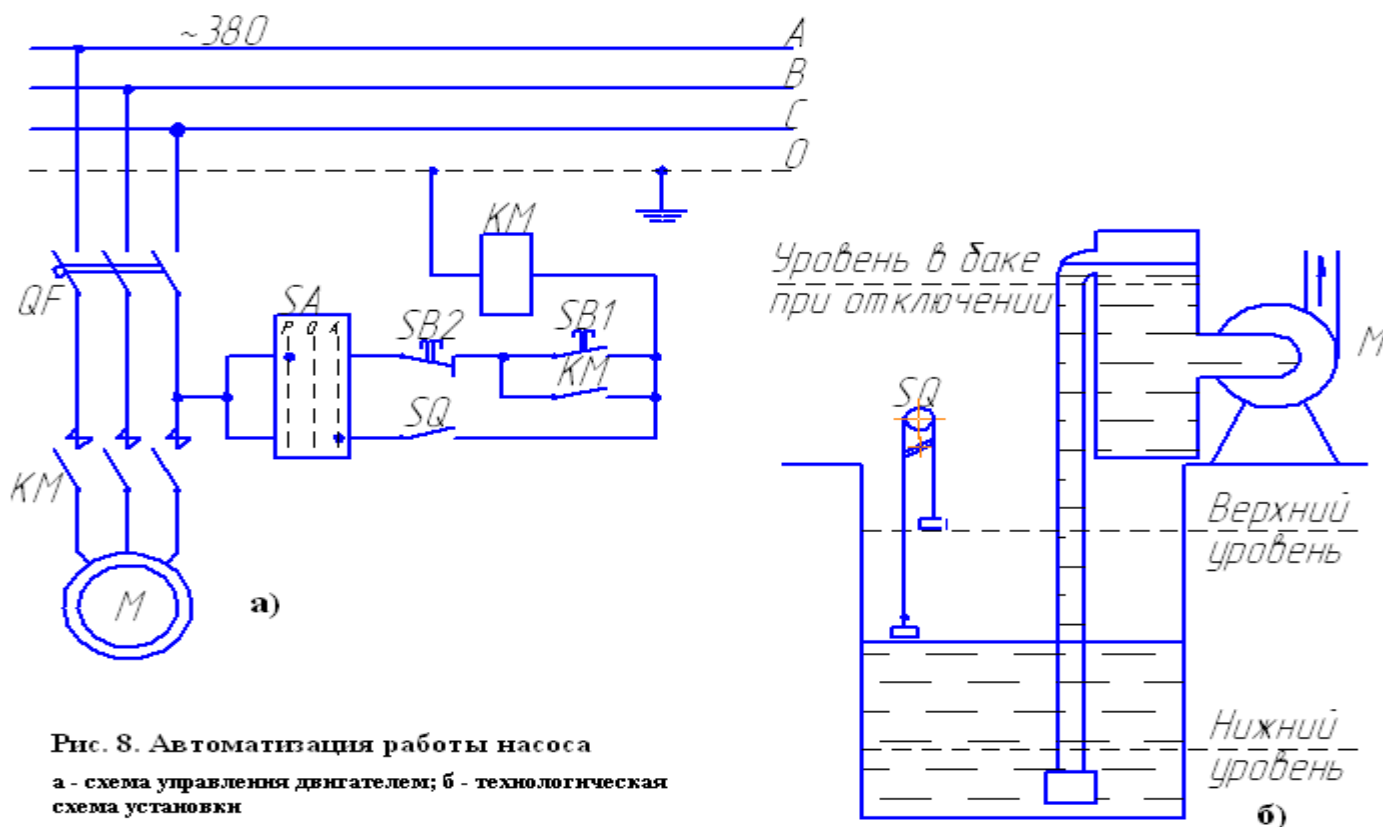
**Струйные реле** используют для контроля наличия потока (струи) жидкости в трубопроводе. Существует много конструкций струйных реле. Наибольшее применение нашли диафрагменные струйные реле, устройство одного из них показано на рис. 7, б.

**Реле давления** применяют в насосных установках для контроля за давлением жидкости на различных участках магистрали. В практике эксплуатации насосов наибольшее распространение получили реле с мембранной или трубчатой пружиной (см. рис.7, а)

На рисунке 8, а, приведена схема автоматизации простейшего насосного агрегата, предусматривающая два режима управления: ручное и автоматическое. Выбор режима производится с помощью ключа SA. Если рукоятка SA поставлена в положение P (ручное), то управление двигателем M насоса осуществляется по обычной схеме — с помощью кнопок SB1 (Пуск), SB2 (Стоп) и магнитного пускателя KM. Включение или отключение насоса в этом случае производится оператором, который следит за уровнем жидкости в резервуаре (рис. 8, б). Для заливки насоса используется аккумуляторный бак I

При установке ключа SA и положении A автоматическое управление двигателем насоса производится от датчика уровня (поплавкового реле) SQ. При малом, уровне жидкости в резервуаре контакт SQ разомкнут, и насос не включен. Если жидкость достигает верхнего уровня, контакт SQ замкнут, получает питание катушка пускателя KM и включается двигатель M. Насос начинает работать и перекачивать жидкость из емкости к потребителю. Контакт SQ поплавкового реле остается замкнутым до тех пор, пока уровень жидкости в резервуаре не снизится до нижней отметки. Тогда контакт SQ разомкнется, что вызовет отключение пускателя KM и остановку двигателя насоса

Защита двигателя и аппаратов управления от к.з. и перегрузки осуществляется автоматическим выключателем  $QF$ , имеющим комбинированный расцепитель. Нулевая защита обеспечивается катушкой магнитного пускателя. Датчик уровня  $SQ$  в этой схеме работает без понижающего трансформатора, а импульс управления с  $SQ$  передается в схему непосредственно — без промежуточного реле. Такую схему можно применять при небольшом расстоянии между насосом и резервуаром, когда падение напряжения в проводах, соединяющих катушку  $KM$  с контактами реле  $SQ$ , невелико.



**Рис. 8. Автоматизация работы насоса**  
 а - схема управления двигателем; б - технологическая схема установки

#### Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Написать область применения и из каких элементов состоит поплавковое реле, электродное реле и реле контроля заливки.
3. Написать область применения струйного реле и реле давления
4. Нарисовать электрическую схему насосной установки
5. Написать принцип действия работы насоса
6. Сделать вывод
7. Ответить на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются насосные установки?
2. Что применяют в качестве реле контроля уровня?
3. По какой схеме осуществляется управление двигателем  $M$  насоса, если рукоятка  $SA$  поставлена в положение  $P$
4. Чем осуществляется защита двигателя и аппаратов управления от к.з. и перегрузки?

## Практическое занятие 5

**Тема работы:** Расчет мощности и выбор электродвигателя приводного механизма.

**Цель работы:** Создать условия для расчета мощности и выбора электродвигателя приводного механизма.

### Порядок выполнения

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Рассчитать мощность электродвигателя приводного механизма.
3. Выбрать электродвигатель приводного механизма.
4. Сделать вывод.
5. Ответить на контрольные вопросы.

### Краткие теоретические сведения

Центробежными вентиляторами называются машины для перемещения чистых газов и смесей газов с мелкими сыпучими материалами.

Центробежные вентиляторы характеризуются степенью повышения давления не более 1,15 при плотности потока 1,2 кг/м. Повышение давления в вентиляторе происходит под действием центробежной силы газа, движущегося в рабочем колесе от центра к периферии.

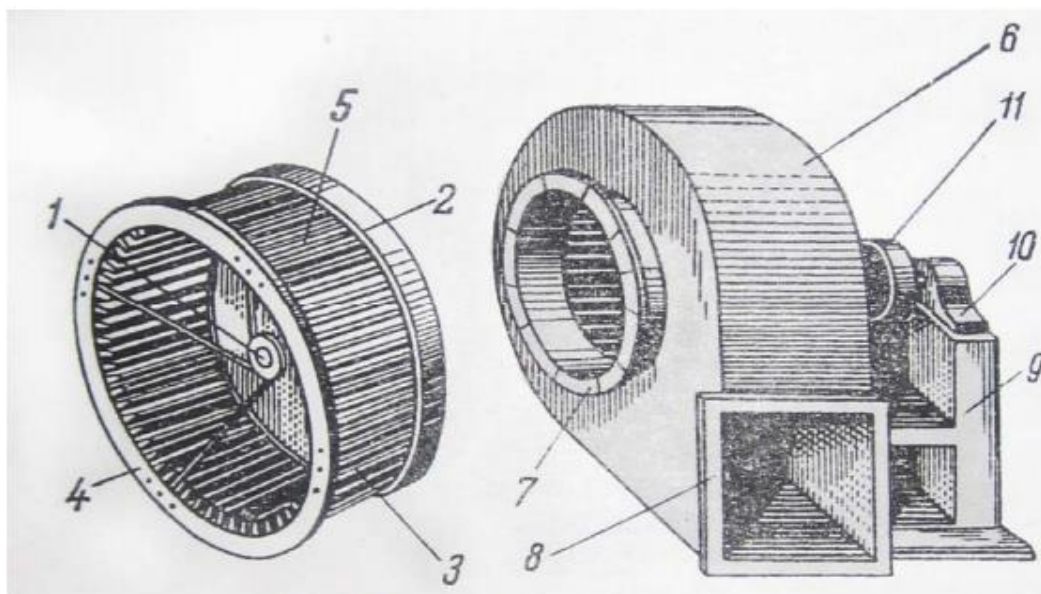


Рис. 1. Центробежный вентилятор

Центробежные вентиляторы применяются в вентиляционных системах промышленных и гражданских зданий, в агрегатах воздушного отопления и кондиционирования воздуха.

Конструктивное устройство центробежного вентилятора показано на рис. 1.

Рабочее колесо вентилятора состоит из литой ступицы 1, жестко сопряженной основным диском 2. Рабочие лопадки 3 крепятся к основному диску 2 и к переднему диску 4, обеспечивающему необходимую жесткость лопастной решетки 5. Корпус 6 вентилятора крепится к литой или сварной станине 9, на которой располагаются подшипники 10, несущие вал вентилятора с посаженным на него рабочим колесом; 7 и 8 – фланцы крепления всасывающей и напорной труб, 11 – шкив привода вентилятора.

Центробежные вентиляторы выпускаются заводами в определенных геометрических сериях. Каждая серия характеризуется постоянством отношения сходственных размеров; размеры отдельных машин и их рабочие параметры в серии различны.

Геометрическая форма данной серии представляется аэродинамической схемой, где все размеры вентилятора даны в процентах от величины внешнего диаметра рабочего колеса. Пример аэродинамической схемы вентилятора приведён на рис. 2.

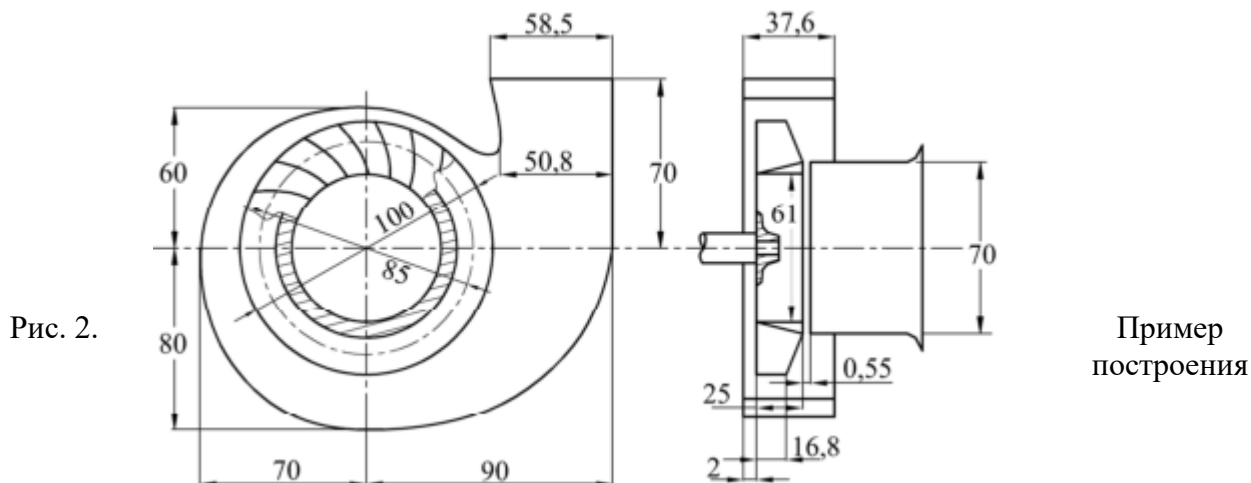


Рис. 2.

Пример построения

аэродинамической схемы вентилятора

#### Асинхронные двигатели серии 4А

Асинхронные двигатели основного исполнения серии 4А наряду с общепромышленным имеют назначение для привода различного оборудования (станков, механизмов и машин). Эти двигатели выпускают мощностью от 0,06 до 400 кВт с осью вращения высотой от 50 до 355 мм.



По степени защиты двигатели могут быть двух исполнений: закрытые обдуваемые Р44 и защищенные Р23. Последние выпускают только в основном исполнении. В промышленности двигатели 4А используют в невзрывоопасных средах. Двигатели мощностью от 0,06 до 0,37 кВт выпускают на напряжение 220 и 380 В, а от 0,55 до 11 кВт — на напряжение 220, 380 и 660 В при соединении обмоток статора треугольником или звездой с тремя выводными концами.

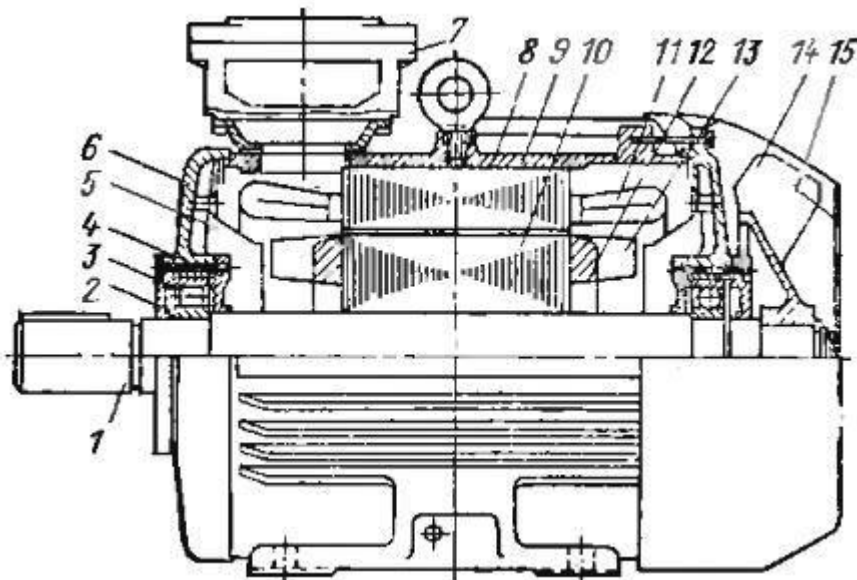
При соединении обмоток статора  $\Delta/Y$  номинальное напряжение двигателей серии 4А мощностью от 15 до 110 кВт 220/380 и 380/660 В, а от 132 до 400 кВт—380/660 В. Эти двигатели имеют шесть выводных концов и рассчитаны для работы при колебаниях напряжения сети от  $-5$  до  $+10\%$  и частоты тока  $\pm 2,5\%$  номинального значения.

Первая цифра 4 условного обозначения указывает на порядковый номер серии, следующая за цифрой буква А обозначает вид двигателя (асинхронный). За буквой А может стоять буква Н, которая означает, что двигатель защищенный, отсутствие буквы Н означает, что двигатель является закрытым обдуваемым. Далее в обозначении указывают исполнение двигателя по материалу станины и щитов: буква А указывает на то, что станина и щиты алюминиевые, буква Х — что они из любого сочетания чугуна и алюминия, отсутствие знаков означает, что станина и щиты выполнены из стали или чугуна.

Две или три цифры в обозначении указывают высоту оси вращения. Установочный размер по длине станины характеризуют буквы 5, М или L, которые стоят после цифр. При сохранении установочного размера длину сердечника статора обозначают буквами А или В. Отсутствие букв указывает на наличие только одной длины сердечника. Последние цифры означают число полюсов. Обозначения У3, Т2 или Т1 указывают на климатическое исполнение и категорию

размещения.

Например, 4АН280М6УЗ обозначает: четвертая единая серия 4А защищенного исполнения с осью вращения высотой 280 мм и установочным размером М, двигатель имеет 6 полюсов, климатическое исполнение и категорию размещения УЗ. Двигатели серии 4А изготавливают с валом, имеющим цилиндрические концы вала: без шпонки диаметром 22, 32 и 40 мм, длиной 60, 160 и 200 мм при 3000 и 6000 мин<sup>-1</sup>, со шпонкой (при длине вала 55, 100 и 130 длина шпонки соответственно равна 32, 80 и 120 мм). При частоте вращения 3000 мин<sup>-1</sup>, а также с резьбовой частью при частоте вращения 12 000 и 18 000 мин<sup>-1</sup> в двигателях предусмотрено крепление защитных ограждений.



Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 4А: 1 — вал, 2 — крышка подшипника наружная, 3 — подшипник, 4 — крышка подшипника внутренняя, 5 — щиток воздухонаправляющий, 6 — щит подшипниковый, 7 — вводное устройство, 8 — станина, 9 — сердечник статора, 10 — сердечник ротора, 11 — обмотка статора, 12 — обмотка ротора, 13 — вентиляционные лопасти ротора, 14 — вентилятор, 15 — кожух.

Наряду с основным исполнением разработаны электрические модификации серии 4А, например двигатели с повышенным пусковым моментом, с повышенным скольжением, многоскоростные и двигатели со встроенным тормозом.

Для приводов механизмов с большими статическими и инерционными нагрузками (компрессоров, конвейеров, насосов и т. д.) в момент пуска используют двигатели с повышенным пусковым моментом. В этих двигателях ротор изготавливают с двойной беличьей клеткой, залитой алюминием, что обеспечивает повышение пускового момента и снижение пускового тока.

Для привода механизмов, работающих в повторно-кратковременных режимах с частыми пусками или пульсирующей нагрузкой (поршневых компрессоров, лесопильных рам, кранов и т. п.), применяют двигатели с повышенным скольжением. Ротор этих двигателей в отличие от основного исполнения имеет пазы уменьшенных размеров, в которые заливают специальный сплав повышенного сопротивления. Это позволяет получить мягкую механическую характеристику.

Для привода механизмов со ступенчатым регулированием частоты вращения (механизмов подачи деревообрабатывающих станков, лебедок и т. д.) от 500 до 3000 мин<sup>-1</sup> применяют двух-, трех- и четырехскоростные двигатели.



В отличие от основного исполнения в обозначении двигателей с повышенным пусковым моментом добавляют букву Р после серии, например 4AP160M4УЗ. Эти двигатели изготавливают с осью вращения высотой от 160 до 250 мм. В обозначении двигателей с повышенным скольжением добавляют букву С после обозначения серии, например 4АС200М6УЗ. Высота оси вращения этих двигателей составляет 71—250 мм. В обозначении многоскоростных двигателей указывают дополнительно число полюсов, например 4А10058/6/4УЗ.

Двигатели серии 4А выпускают малошумные, встраиваемые и со встроенной температурной защитой. Малошумные изготавливают с осью вращения высотой 56—160 мм. Они работают в условиях с повышенными требованиями к уровню шума. В обозначении этих двигателей пишут букву Н, например 4А160S6HVЗ. Двигатели, встраиваемые в механизмы и станки, выполняют в виде обмотанного статорного сердечника и ротора с вентилятором и без него. В их обозначении пишут букву В, например 4АВ63А2УЗ. Эти двигатели выпускают со степенью защиты IP44. Для привода механизмов, работающих с большими перегрузками и частыми пусками, применяют двигатели со встроенной температурной защитой. В их обозначении пишут букву Б, например 4А132М4БУЗ.

### Пример расчета:

Расчет и выбор мощности двигателя вентилятора.

Дано:

$\theta = 15 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$H = 190 \text{ Па}$ .

Тип вентилятора – центробежный.

Тип передачи – плоскоременная.

1. Расчет мощности двигателя.

$P = K_z(\theta H / 1000 \eta_v \eta_{п})$ , где

$K_z$  – коэффициент запаса (1,1 – 1,6);

$\theta$  – производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/с;

$H$  – давление, Па;

$\eta_v = 0,5-0,85$  – для осевых вентиляторов;

$\eta_v = 0,4-0,7$  – для центробежных вентиляторов;

$\eta_{п}$  (КПД передачи) = 0,92-0,94 – для клиноременной передачи;

$\eta_{п} = 0,87-0,9$  – для плоскоременной передачи.

Возьмем для расчета:



$K_z = 1,1$ ;  
 $\eta_v = 0,5$ ;  
 $\eta_{п} = 0,87$   
 $P = 1,1(15 \times 190 / 1000 \times 0,5 \times 0,87 = 7,2 \text{ кВт.}$

2. Выбор двигателя.

По таблице (в разделе "Таблицы" таблица 6) «Характеристики двигателей асинхронных двигателей серии 4А» по синхронному вращению 1500 об/мин находим ближайшее значение по мощности:

Тип – 4А132S4У3.

$P = 7,5 \text{ кВт}$ ;

$n_n = 1455 \text{ об/мин}$ ;

$\eta_n = 87,5\%$ ;

$\cos\varphi_n = 0,86$ ;

$\lambda = M_{\max} / M_n = 3$ .

3. Проверка правильности выбора двигателя по перегрузочной способности.

Необходимо, чтобы выполнялось условие  $M_{\max} / M_n \leq 0,81\lambda$ .

$M_{\max} = P_{\max} / n \times 9550 = 7,5 / 1455 \times 9550 = 49,23 \text{ Нм}$ , где

$P_n$  – номинальная мощность выбранного двигателя, кВт.

$M_{\max} / M_n = 47,28 / 49,23 = 0,96$ ;

$0,81\lambda = 0,81 \times 3 = 2,43$ ;

Как видим, отношение  $M_{\max} / M_n$  меньше, чем  $0,81\lambda$ . Условие выполняется, значит двигатель выбран верно.

### Контрольные вопросы:

1. Где применяются центробежные вентиляторы?
2. Из каких основных элементов состоит центробежный вентилятор?
3. Где применяются асинхронные двигатели основного исполнения серии 4А?
4. Из каких элементов состоит асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 4А?
5. Расшифруйте марку двигателя 4А225М2У3.

### Приложение 3

Технические характеристики асинхронных двигателей серии 4А (IP44)

Степень защиты - IP44. Степень охлаждения - ICA0141

Обозначения в таблице:

$P_n$  - номинальная мощность двигателя;

$n_n$  - номинальная частота оборотов двигателя;

$\eta_n$  - КПД двигателя;

$\cos\varphi$  - коэффициент мощности;

$M_{\max} / M_n = \lambda$  - перегрузочная способность двигателя;

$M_p / M_n$  - кратность пускового момента;

$I_p / I_n$  - кратность пускового тока

В этой таблице показаны технические характеристики для двигателей с синхронной частотой вращения 3000 об/мин..

Тип	$P_n$ , кВт	$n_n$	$\eta_n$ , %	$\cos\varphi_n$	$M_{\max} / M_n$	$M_p / M_n$	$M_{\min} / M_n$	$I_n / I_n$
<i>Частота вращения магнитного поля статора - 3000 об/мин</i>								
4АА50А2У3	0,09	2740	60	0,7	2,2	2	1,2	5
4АА50В2У3	0,12	2710	63	0,7	2,2	2	1,2	5
4ААА56А2У3	0,18	2800	66	0,76	2,2	2	1,2	5
4АА56В2У3	0,25	2770	68	0,77	2,2	2	1,2	5

4A63A2Y3	0,37	2750	70	0,86	2,2	2	1,2	5
4A63B2Y3	0,55	2740	73	0,86	2,2	2	1,2	5
4A71A2Y3	0,75	2840	77	0,87	2,2	2	1,2	5,5
4A71B2Y3	1,1	2810	77,5	0,87	2,2	2	1,2	5,5
4A80A2Y3	1,5	2850	81	0,85	2,2	2	1,2	6,5
4A80B2Y3	2,2	2850	83	0,87	2,2	2	1,2	6,5
4A90L2Y3	3	2840	84,5	0,88	2,2	2	1,2	6,5
4A100S2Y3	4	2880	86,5	0,89	2,2	2	1,2	7,5
4A100L2Y3	5,5	2880	87,5	0,91	2,2	2	1,2	7,5
4A112M2Y3	7,5	2900	87,5	0,88	2,2	2	1	7,5
4A132M2Y3	11	2900	88	0,9	2,2	1,6	1	7,5
4A160S2Y3	15	2940	88	0,91	2,2	1,4	1	7,5
4A160M2Y3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	1	7,5
4A180S2Y3	22	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	1	7,5
4A180M2Y3	30	2945	90,5	0,9	2,2	1,4	1	7,5
4A200M2Y3	37	2945	90	0,89	2,2	1,4	1	7,5
4A200L2Y3	45	2945	91	0,9	2,2	1,4	1	7,5
4A225M2Y3	55	2945	91	0,92	2,2	1,2	1	7,5
4A250S2Y3	75	2960	91	0,89	2,2	1,2	1	7,5
4A250M2Y3	90	2960	92	0,9	2,2	1,2	1	7,5
4A280S2Y3	110	2970	91	0,89	2,2	1,2	1	7
4A280M2Y3	132	2970	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7
4A315S2Y3	160	2970	92	0,9	0,9	1	0,9	7
4A315M2Y3	200	2970	92,5	0,9	0,9	1	0,9	7
4A355S2Y3	250	2970	92,5	0,9	0,9	1	0,9	7
4A355M2Y3	315	2970	93	0,91	0,9	1	0,9	7

#### Приложение 4

Технические характеристики асинхронных двигателей серии 4А (IP44)

Обозначения в таблице:

$P_n$  - номинальная мощность двигателя;

$n_n$  - номинальная частота оборотов двигателя;

$\eta_n$  - КПД двигателя;

$\cos\varphi$  - коэффициент мощности;

$M_{max}/M_n = \lambda$  - перегрузочная способность двигателя;

$M_p/M_n$  - кратность пускового момента;

В этой таблице показаны технические характеристики для двигателей с синхронной частотой вращения 1000 об/мин.

$T_{up}$	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$\eta_n$ , %	$\cos\varphi_n$	$M_{max}/$ $M_n$	$M_p/$ $M_n$	$M_{min}/$ $M_n$	$I_n/$ $I_n$
<i>Синхронная частота вращения 1000 об/мин</i>								
4A63A6Y3	0,18	885	56	0,62	2,2	2,2	1,5	3
4A63B6Y3	0,25	890	59	0,62	2,2	2,2	1,5	3
4A71A6Y3	0,37	910	64,5	0,69	2,2	2	1,8	4
4A71B6Y3	0,55	900	67,5	0,71	2,2	2	1,8	4
4A80A6Y3	0,75	915	69	0,74	2,2	2	1,6	4

4A80B6Y3	1,1	920	74	0,74	2,2	2	1,6	4
4A90L6Y3	1,5	935	75	0,74	2,2	2	1,7	4,5
4A100L6Y3	2,2	950	81	0,73	2,2	2	1,6	5
4A112MA6Y3	3	955	81	0,76	2,5	2	1,8	6
4A112MB6Y3	4	950	82	0,81	2,5	2	1,8	6
4A132S6Y3	5,5	965	85	0,8	2,5	2	1,8	6,5
4A132M6Y3	7,5	970	85,5	0,81	2,5	2	1,8	6,5
4A160S6Y3	11	975	86	0,86	2	1,2	1	6
4A160M6Y3	15	975	87,5	0,87	2	1,2	1	6
4A180M6Y3	18,5	975	88	0,87	2	1,2	1	5
4A200M6Y3	22	975	90	0,9	2,4	1,3	1	6,5
4A200L6Y3	30	980	90,5	0,9	2,4	1,3	1	6,5
4A250S6Y3	45	985	91,5	0,89	2,1	1,2	1	6,5
4A250M6Y3	55	985	91,5	0,89	2,1	1,2	1	6,5
4A280S6Y3	75	985	92	0,89	2,2	1,4	1,2	5,5
4A280M6Y3	90	985	92,5	0,89	2,2	1,4	1,2	5,5
4A315S6Y3	110	985	93	0,9	2,2	1,4	0,9	6,5
4A315M6Y3	132	985	93,5	0,9	2,2	1,4	0,9	6,5
4A355S6Y3	160	985	93,5	0,9	2,2	1,4	0,9	6,5
4A355M6Y3	200	985	94	0,9	2,2	1,4	0,9	6,5

## Приложение 5

Технические характеристики асинхронных двигателей серии 4А (IP44)

Обозначения в таблице:

$P_n$  - номинальная мощность двигателя;

$n_n$  - номинальная частота оборотов двигателя;

$\eta_n$  - КПД двигателя;

$\cos\varphi$  - коэффициент мощности;

$M_{max}/M_n = \lambda$  - перегрузочная способность двигателя;

$M_p/M_n$  - кратность пускового момента;

$I_p/I_n$  - кратность пускового тока

В этой таблице показаны технические характеристики для двигателей с синхронной частотой вращения 750 об/мин.

Тип	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$\eta_n$ , %	$\cos\varphi_n$	$M_{max}/M_n$	$M_p/M_n$	$M_{min}/M_n$	$I_p/I_n$
Синхронная скорость вращения 750 об/мин								
4A80A8Y3	0,37	675	61,5	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
4A80B8Y3	0,55	700	64	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5
4A90LA8Y3	0,75	700	68	0,62	1,9	1,6	1,2	3,5
4A90LB8Y3	1,1	700	70	0,68	1,9	1,6	1,2	3,5
4A100L8Y3	1,5	700	74	0,65	1,9	1,6	1,2	4,0

4A112MA8Y3	2,2	700	76,5	0,71	2,2	1,9	1,4	5,0
4A112MB8Y3	3,0	700	79	0,74	2,2	1,9	1,4	5,0
4A132S8Y3	4,0	720	83	0,7	2,6	1,9	1,4	5,5
4A132M8Y3	5,5	720	83	0,74	2,6	1,9	1,4	5,5
4A160S8Y3	11,0	730	87	0,75	2,2	1,4	1,0	6,0
4A180M8Y3	15,0	730	87	0,82	2,0	1,2	1,0	6,0
4A200M8Y3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	1,0	5,5
4A200L8Y3	22,	730	88,5	0,84	2,0	1,2	1,0	5,5
4A225M8Y3	30	735	90	0,81	2,1	1,3	1,0	6,0
4A250S8Y3	37	735	90	0,83	2,0	1,2	1,0	6,0
4A250M8Y3	45	740	91	0,84	2,0	1,2	1,0	6,0
4A280S8Y3	55	735	92	0,84	2,0	1,2	1,0	5,5
4A280M8Y3	75	735	92,5	0,85	2,0	1,2	1,0	5,5
4A315S8Y3	90	740	93	0,85	2,3	1,2	0,9	6,5
4A315M8Y3	110	740	93	0,85	2,3	1,2	0,9	6,5
4A315S8Y3	132	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	6,5
4A355M8Y3	160	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	6,5

Приложение 6

Технические характеристики асинхронных двигателей серии 4А.

Тип	P <sub>н</sub> , кВт	n <sub>н</sub> , об/мин	η <sub>н</sub> , %	cosφ <sub>н</sub>	M <sub>max</sub> /M <sub>н</sub>	M <sub>п</sub> /M <sub>н</sub>	M <sub>min</sub> /M <sub>н</sub>	I <sub>п</sub> /I <sub>н</sub>
Синхронная частота вращения 1500 об/мин								
4AA50A4Y3	0,06	1389	50	0,6	2,2	2	1,2	5
4AA50B4Y3	0,09	1370	55	0,6	2,2	2	1,2	5
4AA56A4Y3	0,12	1375	63	0,66	2,2	2	1,2	5
4AA56B4Y3	0,18	1365	64	0,64	2,2	2	1,2	5
4AA63A4Y3	0,25	1380	68	0,65	2,2	2	1,2	5
4AA63B4Y3	0,37	1365	68	0,69	2,2	2	1,2	5
4A71A4Y3	0,55	1390	70,5	0,7	2,2	2	1,6	4,5
4A71B4Y3	0,75	1390	72	0,73	2,2	2	1,6	4,5
4A80A4Y3	1,1	1420	75	0,81	2,2	2	1,6	5
4A80B4Y3	1,5	1415	77	0,83	2,2	2	1,6	5
4A90L4Y3	2,2	1425	80	0,83	2,2	2	1,6	6
4A100S4Y3	3	1435	82	0,83	2,4	2	1,6	6
4A100L4Y3	4	1430	84	0,84	2,4	2	1,6	6
4A112M4Y3	5,5	1445	85,5	0,85	2,2	2	1,6	7
4A132S4Y3	7,5	1445	87,5	0,86	3	2,2	1,7	7,5
4A132M4Y3	11	1460	84,5	0,87	3	2,2	1,7	7,5
4A160S4Y3	15	1465	88,5	0,88	2,3	1,4	1	7
4A160M4Y3	18,5	1465	89,5	0,88	2,3	1,4	1	7

4A180S4Y3	22	1470	90	0,9	2,3	1,4	1	6,5
4A180M4Y3	30	1470	91	0,9	2,3	1,4	1	6,5
4A200M4Y3	37	1475	91	0,9	2,5	1,4	1	7
4A200L4Y3	45	1475	92	0,9	2,5	1,4	1	7
4A225M4Y3	55	1480	92,5	0,9	2,5	1,3	1	7
4A250S4Y3	75	1480	93	0,9	2,3	1,2	1	7
4A250M4Y3	90	1480	93	0,91	2,2	1,2	1	7
4A280S4Y3	110	1470	92,5	0,9	2	1,2	1	5,5
4A280M4Y3	132	1480	93	0,9	2	1,3	1	5,5
4A315S4Y3	160	1480	93,5	0,91	2,2	1,3	0,9	6
4A315M4Y3	200	1480	94	0,92	2,2	1,3	0,9	6
4A355S4Y3	250	1485	94,5	0,92	2	1,2	0,9	7
4A355M4Y3	315	1485	94,5	0,92	2	1,2	0,9	7

Вариант	Тип вентилятора	Тип передачи	$\theta$ , м3/с	Н, Па	$\eta_{\text{п}}$	$\eta_{\text{в}}$	$K_3$	Частота вращения об/мин
1	Центробежный	плоскоременная	12	170	0,87	0,4	1,1	1500
2	Осевой	клиноременная	15	195	0,92	0,5	1,2	3000
3	Осевой	клиноременная	13	173	0,93	0,6	1,3	1000
4	Осевой	клиноременная	14	169	0,94	0,7	1,4	750
5	Центробежный	плоскоременная	11	150	0,88	0,45	1,5	1000
6	Осевой	клиноременная	16	160	0,92	0,8	1,6	3000
7	Центробежный	плоскоременная	10	220	0,89	0,5	1,2	750
8	Осевой	клиноременная	11	210	0,93	0,85	1,3	1500
9	Центробежный	плоскоременная	13	190	0,90	0,6	1,45	1000
10	Центробежный	плоскоременная	17	140	0,89	0,65	1,5	3000
11	Осевой	клиноременная	12	163	0,94	0,81	1,45	750
12	Центробежный	плоскоременная	15	196	0,87	0,7	1,33	1500
13	Центробежный	плоскоременная	13	184	0,90	0,75	1,26	3000
14	Центробежный	плоскоременная	14	179	0,88	0,63	1,32	1000
15	Осевой	клиноременная	18	154	0,92	0,82	1,28	750
16	Осевой	клиноременная	19	140	0,93	0,83	1,49	3000
17	Центробежный	плоскоременная	20	135	0,89	0,49	1,44	1000
18	Центробежный	плоскоременная	21	120	0,87	0,52	1,2	1500
19	Осевой	клиноременная	17	165	0,94	0,72	1,3	750
20	Центробежный	плоскоременная	13	186	0,90	0,48	1,5	1500
21	Центробежный	плоскоременная	15	188	0,88	0,58	1,27	1000
22	Осевой	клиноременная	16	189	0,92	0,73	1,36	3000
23	Осевой	клиноременная	18	175	0,93	0,74	1,24	750
24	Центробежный	плоскоременная	21	140	0,89	0,68	1,1	1000
25	Центробежный	плоскоременная	12	211	0,87	0,7	1,25	3000
26	Центробежный	плоскоременная	11	230	0,88	0,47	1,43	750
27	Осевой	клиноременная	15	184	0,94	0,75	1,34	1000
28	Центробежный	плоскоременная	14	168	0,90	0,55	1,35	1500
29	Центробежный	плоскоременная	17	156	0,89	0,66	1,26	750
30	Осевой	клиноременная	19	146	0,92	0,76	1,18	3000

## Практическое занятие 6

**Тема работы:** Составление принципиальной и монтажной электрических схем типовой панели управления.

**Цель работы:** Создать условия для составления принципиальной и монтажной электрических схем типовой панели управления.

### Порядок выполнения

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями.
2. Составить монтажную электрическую схему типовой панели управления.
3. Составить и написать принципиальную электрическую схему типовой панели управления.
4. Сделать вывод.
5. Ответить на контрольные вопросы.

### Краткие теоретические сведения

В электрических схемах графические условные обозначения элементов (приборов, электрических аппаратов) могут быть изображены как совмещенным, так и разнесенным способом.

#### Совмещенный способ изображения элементов на схемах

Все части каждого прибора, электрического аппарата располагают в непосредственной близости и заключают обычно в прямоугольный, квадратный или круглый контур, выполненный сплошной тонкой линией (рис. 1, а). Совмещенный способ изображения в основном встречается в схемах электропитания приборов систем автоматики и других простых случаях.

Совмещенные изображения всегда применяют в монтажных схемах, например так, как показано на рис. 1, в, где изображено однообмоточное реле с двумя переключающими и одним импульсным контактами. Выводы реле пронумерованы заводом-изготовителем, их номера 1 - 10 заключены в кружки. Переключающие контакты присоединены к выводам 1, 3, 5 и 2, 4, 6, импульсный контакт - к выводам 9 и 10.

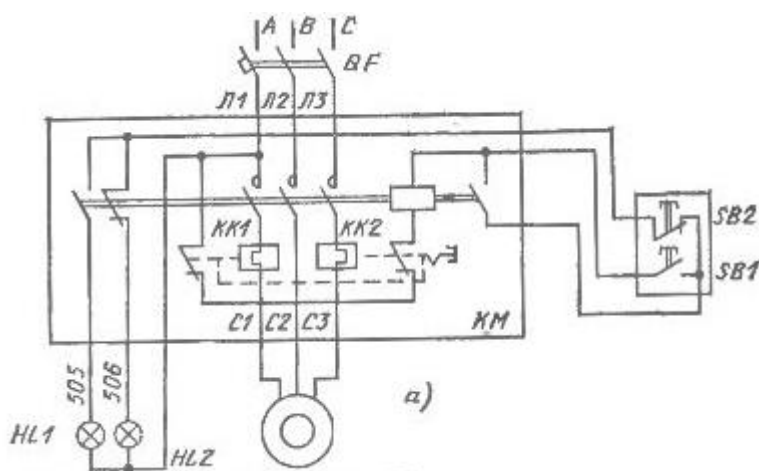


Рис. 1. Схема, выполненная совмещенным (а) способом.

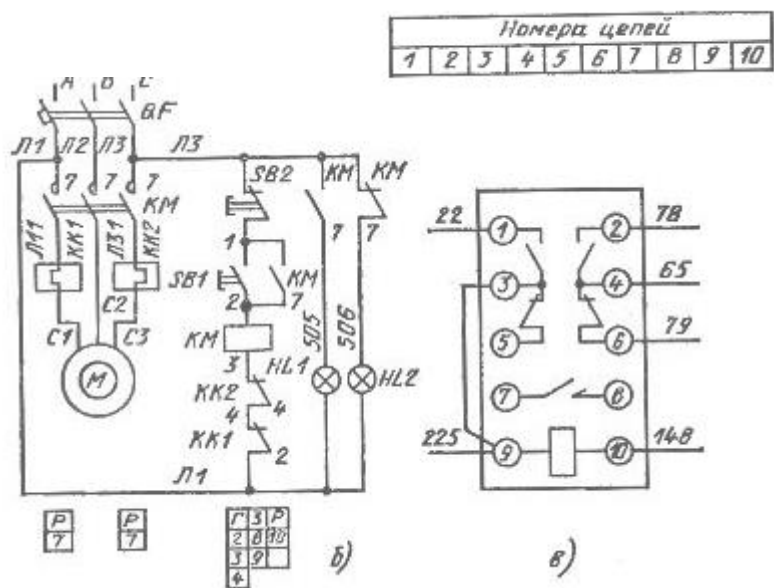


Рис.2. Схема, выполненная разнесенным (б) способом. Пример изображения реле (в) совмещенным способом

### Разнесенный способ изображения элементов на схемах

Его применяют в основном в принципиальных электрических схемах, так как при этом способе совершенно отчетливо видны электрические цепи, что значительно облегчает чтение схем. В этом легко убедиться, рассмотрев рис. 1,б, на котором разнесенным способом показана та же схема, что и на рис. 1, а.

При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей приборов, аппаратов располагают в разных местах, но таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность изображаемых контактов, обмоток и других частей к одному и тому же аппарату устанавливается по позиционным обозначениям, проставленным вблизи изображений всех частей одного и того же аппарата. Так, на рис. 1,б у контактов магнитного пускателя (силовых и вспомогательных), а также вблизи изображения обмотки написано КМ. Другой пример: по одинаковым позиционным обозначениям КК1 (КК2) легко установить принадлежность контактов и обмоток тепловых реле.

Воспользуемся рис. 1,б для иллюстрации одного весьма удобного приема, облегчающего ориентировку в схемах, выполненных разнесенным способом. Этот прием применяют ряд проектных организаций. Он заключается в следующем:

1. В схеме нумеруют цепи. В рассматриваемом примере места возможных цепей (строк) имеют номера 1 - 10.

2. Под изображением каждой обмотки помещают табличку. В столбце Г таблички указывают номера цепей, в которые введены главные контакты, в столбце З - номера цепей, в которые введены замыкающие контакты, а в столбце Р - размыкающие. Число клеток в табличке равно числу контактов аппарата, так что по ней можно определить, в каких цепях их искать.

3. На схеме вблизи позиционных обозначений указывают у изображения контакта номер цепи, в которую включена соответствующая обмотка. В рассматриваемом примере приведены три



таблички, которые помещены под изображением обмоток КК1, КК2 и КМ. В табличке под КК1 (КК2) столбцов Г и З нет, так как ни главных, ни замыкающих контактов тепловые реле не имеют, а в столбце Р написано 7. И действительно, контакты КК1 и КК2 введены в цепь 7

В табличке под обмоткой КМ в столбце Г имеются цифры 2, 3 и 4. Это говорит о том, что магнитный пускатель своими главными контактами разрывает силовые цепи 2, 3 и 4. В столбце З два адреса: 8 и 9, в столбце Р - адрес 10 и одна свободная летка. Это означает, что пускатель имеет два замыкающих и два размыкающих контакта, один размыкающий контакт свободен.

Нередко на принципиальных схемах показывают устройства (приборы, регуляторы и т.п.), имеющие собственные принципиальные схемы. В этом случае на принципиальной электрической схеме эти устройства изображают упрощенно (показывают только входные и выходные цепи и цепи подачи питающего напряжения), а детальное представление о принципе работы установки дает совокупность ее принципиальной схемы и принципиальных электрических схем устройств.

В принципиальных электрических схемах условные графические обозначения составных частей электрических аппаратов, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи - одну под другой, при этом образуются параллельные строки (строчный способ выполнения схемы). Допускается располагать строки и вертикально.

Линии связи между аппаратами показывают полностью, но в некоторых случаях, чтобы не затемнять схему, они могут быть оборваны. Обрывы линий при этом заканчивают стрелками. Главные (силовые) цепи схем выполняют в многолинейном изображении. В однолинейном изображении эти цепи показывают в том случае, когда их приводят для пояснения. Принципиальные электрические схемы управления, регулирования, сигнализации и питания всегда выполняют в многолинейном изображении.

Исходное положение аппаратов. Контакты автоматов, выключателей, кнопок, реле и других коммутирующих устройств на схемах изображают при отсутствии тока во всех цепях схемы, т. е. в предположении, что в обмотках реле, контакторов, магнитных пускателей и т. п. нет тока или он настолько мал, что якорь не может притянуться (типичный пример - ток в обмотке максимального токового реле при нормальной нагрузке) и на кнопки, рубильники, якоря реле и т. п. не действуют внешние принудительные силы. Поэтому все замыкающие контакты на схемах показаны разомкнутыми, а все размыкающие - замкнутыми.

Если из этого правила в необходимых случаях сделано исключение, т.е. если отдельные аппараты изображены в выбранном рабочем режиме, то на схеме приводят соответствующее пояснение. Аппараты, не имеющие отключенного положения, изображают в положении, принятом за исходное. Контакты коммутирующих устройств, имеющих два исходных положения (например, двухпозиционного реле с преобладанием), изображают в одном произвольно выбранном положении, которое пояснено на схеме. Схемы многопозиционных переключателей, например переключателей цепей управления, дополняют диаграммами переключений.

### **Контрольные вопросы**

1. Что собой представляет совмещенный способ изображения?
2. Что собой представляет разнесенный способ изображения элементов на схемах?
3. Как изображают графические обозначения в принципиальных электрических схемах?

## Рекомендуемая литература

### Основная

Б.И. Кудрин, А.Р. Минеев. Электрооборудование промышленности. – М.: Издательский центр «Академия» 2008.

В.В. Москаленко. Справочник электромонтера. – М.: Издательский центр «Академия» 2008.

### Дополнительная

Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М.: «Академия» 2004.

Е.М. Соколова. Электрическое и электромеханическое оборудование: общепромышленные механизмы и бытовая техника. – М.: Издательство Мастерство 2001.

Е.Н. Зимин, В.И. Преображенский, И.И. Чувашов. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоиздат, 1981.

Г.М. Кнорринг. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – Л.: Энергия, 1976

## Литература

### Основная

Ю.Д. Сибикин. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. Книга 1. – М.: Издательский центр «Академия» 2009.

Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. – М.: Издательский центр «Академия» 2008.

В.В. Москаленко. Справочник электромонтера. – М.: Издательский центр «Академия» 2008.

### Дополнительная

В.М. Нестеренко, А.М. Мысьянов. Технология электромонтажных работ. – М.: «Академия» 2004.

Ю.Д. Сибикин, М.Ю Сибикин. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: «Высшая школа» 2003.

Ю.Д. Сибикин, М.Ю Сибикин. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. – М.: «Высшая школа» 2002.