

Министерство общего и профессионального образования Ростовской области  
Новошахтинский техникум промышленных технологий  
филиал ГБПОУ РО «Шахтинский региональный колледж топлива и энергетики  
им. ак. Степанова П.И.»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**  
по дисциплине МДК06.01 «Электрослесарь по ремонту электрооборудования  
электростанций» для обучающихся очной формы обучения специальности  
13.02.03. Электрические станции, сети и системы (базовая подготовка)

Новошахтинск-2021

## Общие указания к составлению отчёта

Практические работы являются одним из элементов учебной деятельности студента, выполнив которую, он должен составить отчёт.

Правильно составить отчёт, значит показать:

- степень усвоения знаний не только по дисциплине «Основы бухгалтерского учета», но и по другим дисциплинам, изучаемым студентами данной специальности;

- умение проявить самостоятельность;

- творческий подход к выполнению заданий;

- знание нормативных документов, ГОСТов, ЕСКД;

- наиболее лучшую организацию своей работы, чтобы с наименьшими затратами времени и труда найти оптимальное техническое, математическое и другое решение;

- умение пользоваться справочной, информационной, нормативной литературой, ресурсами Интернет.

Отчёт выполняется рукописным способом на обеих сторонах листа формата А4. Оформление отчёта выполняется в соответствии с методическими указаниями по применению стандартов при оформлении учебной документации, текст отчёта иллюстрируется при необходимости графическим материалом в виде рисунков, схем, таблиц. Текст отчёта пишется пастой синего цвета. Отчёт составляется в соответствии с методическими указаниями к работе на основе результатов выполненной работы.

Проверяя отчёт, преподаватель отмечает:

правильность оформления отчёта, т.е. соблюдение требований ГОСТ, ЕСКД и других нормативных документов;

правильность выполнения задания;

достоверность полученных результатов;

ответы на контрольные вопросы и выводы по работе.

Преподаватель отмечает ошибки и выставляет оценку. В случае неудовлетворительной оценки отчёт возвращается. Студент исправляет ошибки и вновь сдаёт отчёт для проверки.

## Практическое занятие № 1

1. Тема: изучение кинематических, гидравлических и пневматических схем

2. Цель: изучить кинематические, гидравлические и пневматические схемы

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

**Кинематические схемы** показывают последовательность передачи движения от двигателя через передаточный механизм к рабочим органам или инструментам, а также дают возможность судить о способах их регулирования, контроля, управления ими.

Выполняются кинематические схемы в соответствии с ГОСТ 2.703—68. На этих схемах показываются все кинематические элементы изделия, отражаются кинематические связи механического и немеханического типа между различными элементами и группами элементов изделия, показывается связь механизма с двигателем.

На кинематических схемах изображают: сплошными основными линиями толщиной  $2s$  – валы, оси, стержни, шатуны, кривоштыпы и т. п.; сплошными тонкими линиями толщиной  $s/2$  – элементы, изображенные упрощенно в виде контурных очертаний, зубчатые колеса, червяки, звездочки, шкивы, кулачки и т. п.; сплошными тонкими линиями толщиной  $s/3$  – контур изделия, в который вписана схема; штриховыми линиями толщиной  $s/2$  – кинематические связи между сопряженными звеньями пары, вычерченные отдельно; двойными штриховыми линиями толщиной  $s/2$  – кинематические связи между элементами или между ними и источником движения через механические (энергетические) участки; тройными штриховыми линиями толщиной  $s/2$  – расчетные связи между элементами.

Детали, соединенные с валом, изображают: а) штриховой линией – свободное соединение при вращении; б) штриховой и тонкой линией – подвижное соединение без вращения; в) штриховой и знаком «х» – глухое.

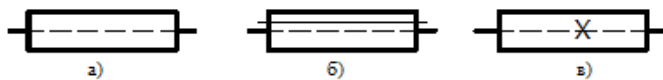


Рис.1

Кинематическая схема вычерчивается в виде развертки и не дает пространственного (объемного) расположения составных частей изделия. При сложной пространственной кинематике схему рекомендуется изображать в аксонометрических проекциях.

На кинематической схеме можно расположить схему другого вида, непосредственно влияющую на работу изделия.

Каждому кинематическому элементу присваивают порядковый номер, начиная от двигателя. Порядковый номер проставляют на полке линии-выноски, а под полкой указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы — арабскими.

На рис. 2 изображена кинематическая схема коробки скоростей токарного станка.

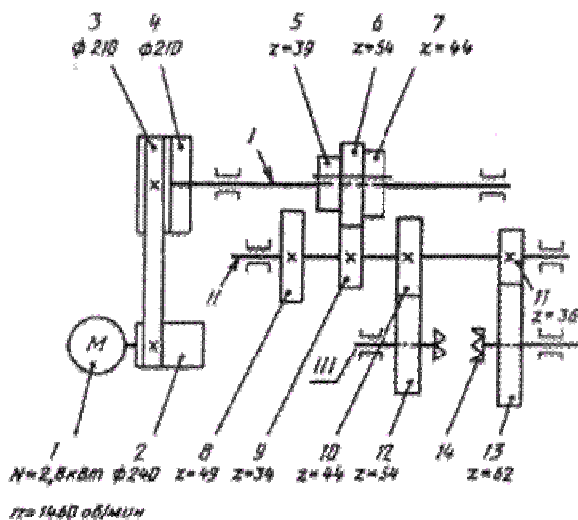


Рис. 2 Пример кинематической принципиальной схемы

Условные знаки на схеме вычерчивают, не придерживаясь масштаба изображения. Однако при повторении одних и тех же знаков выполнять их нужно одинаково. Соотношение размеров условных знаков должно примерно соответствовать действительному соотношению их размеров.

Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов. Крайние положения движущихся элементов показывают тонкими штрихпунктирными линиями.

На кинематических схемах допускается указывать: наименования каждой группы элементов, имеющей определенное функциональное значение; основные характеристики и параметры кинематических элементов (для двигателя — тип, мощность, скорость вращения, для зубчатых колес — число зубьев и модуль и т. д.); справочные и расчетные данные в виде графиков, диаграмм, таблиц.

Если в схеме есть зубчатые передачи, то колеса считаются как бы прозрачными, и условно предполагается, что они не закрывают друг друга.

Читать кинематическую схему начинают от двигателя, выявляя последовательно по условным обозначениям каждый элемент кинематической цепи, устанавливая его значение и характер передачи движения. Чтение схемы рекомендуется начинать с изучения паспорта данного механизма.

Правила выполнения гидравлических и пневматических схем устанавливает [ГОСТ 2.704-76](#).

Условные графические обозначения элементов, применяемых в этих схемах, выполняют по [ГОСТ 2.780-96](#), [ГОСТ 2.781-96](#) и [ГОСТ 2.784-96](#).

Каждый элемент или устройство, входящее в изделие и изображенное на схеме, имеет позиционное обозначение, состоящее из прописной буквы русского алфавита и цифры.

Буквы и цифры выполняют одним размером стандартного шрифта.

Буквенное обозначение состоит из одной или двух букв: начальных или характерных в названии элемента. Например, бак – Б, клапан обратный – КО и т. п.

Таблица буквенных обозначений помещена в обязательном приложении к [ГОСТ 2.704-76](#) – «Правила выполнения гидравлических и пневматических схем».

Например, гидробак – Б, гидро (пневмо) клапан – К, гидро (пневмо) клапан предохранительный – КП, фильтр – Ф, насос – Н и т. п.

Порядковый номер, входящий в цифровое обозначение элемента, назначается с единицы в пределах группы одинаковых элементов с одинаковыми буквенными обозначениями.

Например, Фильтр – Ф1, Ф2 и т. п.

Порядковые номера обозначаются обычно в зависимости от расположения элементов на схеме – сверху вниз и слева направо. Позиционное обозначение наносят на схеме рядом, справа или над условным графическим изображением элемента.

Данные об элементах записываются в стандартной таблице перечня элементов над основной надписью. Если вся таблица перечня не помещается над основной надписью схемы (много элементов), то ее выполняют на отдельном листе формата А4.

Элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении. Например, пружины изображают в состоянии предварительного сжатия, обратный клапан – в закрытом положении и т. п. Линии связи (трубопроводы) на схемах обозначают порядковыми номерами, начиная с единицы, которые на схеме проставляют около концов изображения этих линий. На линиях связи допускается указывать направление потока рабочей среды (жидкости, воздуха) в виде треугольников. Если линия связи представляет собой внутренний канал в каком-либо элементе, то перед порядковым номером линии связи через точку ставится номер этого элемента.

## 5. Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Дайте понятие кинематической схемы

### 5.2 Каковы правила выполнения гидравлических и пневматических схем

## 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-изд. испр.

## Практическое занятие № 2

1. Тема: подготовка контактных элементов к соединению
2. Цель: изучить подготовку контактных элементов к соединению
3. Оснащение: методические указания.
4. Порядок выполнения работы.
- 4.1 Краткие теоретические сведения

Подготовку проводников к контактному соединению проводят в зависимости от его способа выполнения. Например, при соединении или оконцевании многопроволочных жил пайкой их концы разделяют ступенчато или со скосом (под углом  $55^\circ$ ), чтобы образовался контакт между трубчатой частью наконечника (гильзы) и проволочками каждого повива. При оконцевании или соединении секторных или сегментных жил их скругляют специальным инструментом или с помощью пассатижей: тогда жила может легко войти в полость трубчатой части наконечника или гильзу. Подготовка контактных концов плоских проводников под сварку включает рихтовку и обработку их кромок.

Подготовка плоских проводников для соединения болтами включает рихтовку, а при наличии вмятин, раковин или неровностей – фрезерование, а также сверление отверстий под болты.

Для обеспечения металлического контакта между соединяемыми проводниками их контактные поверхности предварительно очищают от пленок всякого рода. Для этого применяют смывание, химическое растворение, механическую очистку. Часто эти способы используют совместно. Особенно эффективна механическая очистка в сочетании со смыванием или растворением. Способы очистки контактных поверхностей выбирают в зависимости от материалов контактных элементов, наличия на них защитных металлических покрытий, вида пленок и способа выполнения контактного соединения.

Наиболее простой способ очистки контактных поверхностей – механический (с помощью стальных щеток или щеток из кардоленты). Контактные поверхности алюминиевых проводников очищают особо тщательно, нанеся предварительно слой технического вазелина или других защитных смазок для исключения повторного окисления поверхностей.

Очистку внутренних контактных поверхностей алюминиевых овальных или трубчатых соединителей производят под слоем смазки с помощью специальных щеток. На хвостовик щетки навинчивается рукоятка нужных размеров. На специализированных заготовительных участках для очистки контактных поверхностей применяют вращающиеся металлические щетки.

Контактные поверхности, покрытые масляными пленками, предварительно обезжиривают растворителями и затем очищают механическим способом до металлического блеска.

После очистки контактных поверхностей от различного рода пленок для предотвращения их повторного загрязнения (окисления) соединяемые поверхности защищают. Вид защиты выбирают в зависимости от способа выполнения контактных соединений, материалов контактных элементов и условий эксплуатации соединений.

При контактной сварке или пайке поверхности соединяемых элементов защищают от окисления флюсами, а если же применяют соединение болтами, опрессовкой или скруткой, то контактными смазками. Защитные контактные смазки (пасты) должны иметь высокую адгезию, обладать относительно высокой температурой каплепадения, быть химически нейтральными и стабильными во времени, эластичными. Смазки на контактные поверхности наносят тонким слоем. В качестве защитных контактных смазок и паст используется конденсаторный вазелин, смазка ЦИАТИМ-221, кварцевая вазелиновая паста и др.

### 5. Контрольные вопросы для формулировки вывода

- 5.1 Какой способ является наиболее простым при очистке контактных поверхностей?
- 5.2 Как проводят подготовку проводников к контактному соединению?
- 5.3 Что включает подготовка плоских проводников для соединения болтами?

### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

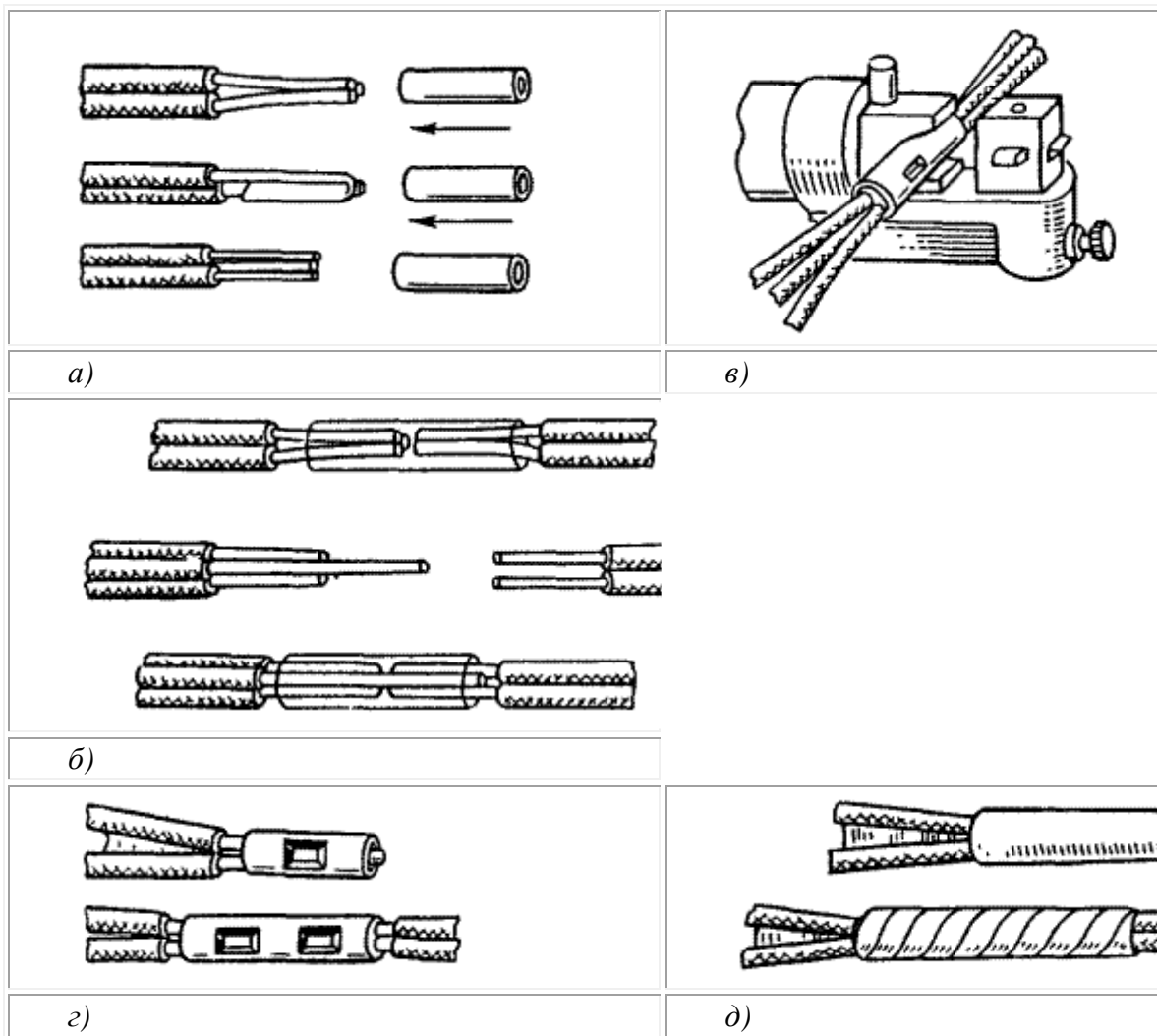
### Практическое занятие № 3

1. Тема: соединение и оконцевание проводов опрессовкой
  2. Цель: изучить соединение и оконцевание проводов опрессовкой
  3. Оснащение: методические указания.
  4. Порядок выполнения работы.
- #### 4.1 Краткие теоретические сведения

Опресовка – это соединение жилы с наконечником (гильзой) за счет их совместной деформации с помощью формообразующего инструмента (пуансонов и матриц).

Опресовка может быть объемная, местным вдавливанием и объемная с местным вдавливанием. В отечественной практике для опрессовки используют инструменты типов УНИ, УСА, шестигранник, шестигранник с местным вдавливанием, НИОМ и др. Опресовкой выполняют КС медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов. При выполнении соединений алюминиевых и сталеалюминиевых проводов рекомендуется использовать кварцевазелиновую пасту, а при соединении медных проводов – технический вазелин.

При оконцевании однопроволочных алюминиевых жил кабелей до недавнего времени применялись в основном наконечники. В настоящее же время получили развитие два метода безарматурного оконцевания: непосредственное формование с помощью пиротехнического инструмента из концов однопроволочных жил наконечников и изгибание специальным инструментом конца однопроволочной жилы в кольцо. Второй метод – более прогрессивный и безопасный. Он должен найти широкое применение в практике.

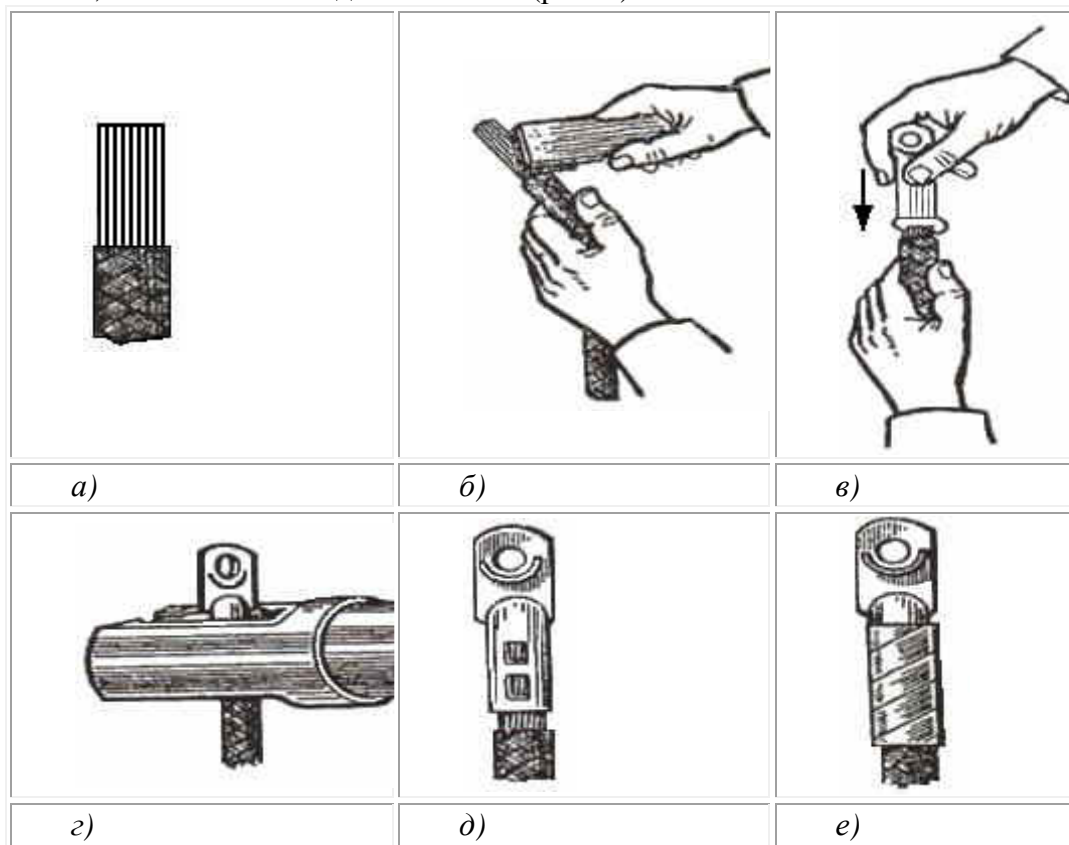


**Рис. 1 Технология соединения проводов в гильзах ГАО опрессовкой:**

а – подготовка жил для одностороннего ввода в гильзу, б – подготовка жил для двустороннего ввода в гильзу, в – опрессовка гильз, г – опрессованные соединения, д – готовое соединение после его изоляции

Соединение и оконцевание опрессовкой изолированных проводов сечением 1,5 ... 35 мм<sup>2</sup> выполняется в гильзах типа ГАО, Т и ГМ одним или двумя вдавливаниями с помощью пресс-клещей типа ПК-1мУ1 или ПК-3У1. В гильзу ГАО вводят жилы с одного или с двух концов (рис. 2.). Гильзы для ввода проводов с двух сторон имеют удвоенную длину и опрессовы-

ваются в двух местах. Алюминиевые жилы сечением 16 ... 240 мм<sup>2</sup> соединяются гильзами типа ТА. Стык жил должен находиться посередине гильзы. Оконцевание алюминиевых жил выполняется с помощью алюминиевых и медно-алюминиевых наконечников ТА или ТАМ по технологии, аналогичной соединению жил (рис. 3).



**Рис. 3. Оконцевание алюминиевых жил опрессовкой:**

а – жила со снятой изоляцией, б – зачистка жилы от оксидной пленки щеткой, в – надевание наконечника, г – опрессовка наконечника, д – наконечник, закрепленный на жиле опрессовкой, е – готовое окончание жилы. Оконцевание и соединение медных жил осуществляется с использованием медных наконечников типа Т и медных гильз типа ГМ. Наряду с указанными способами опрессовки окончание однопроволочных жил можно выполнять также путем формирования наконечника непосредственно из монолитной жилы или закручиванием ее в кольцо.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Какова технология соединения проводов в гильзах ГАО опрессовкой?

5.2 Что такое опрессовка?

5.3 Какой может быть опрессовка?

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 4

1. Тема: подсоединение проводов к выводам машин и аппаратов

2. Цель: изучить способы подсоединение проводов к выводам машин и аппаратов

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

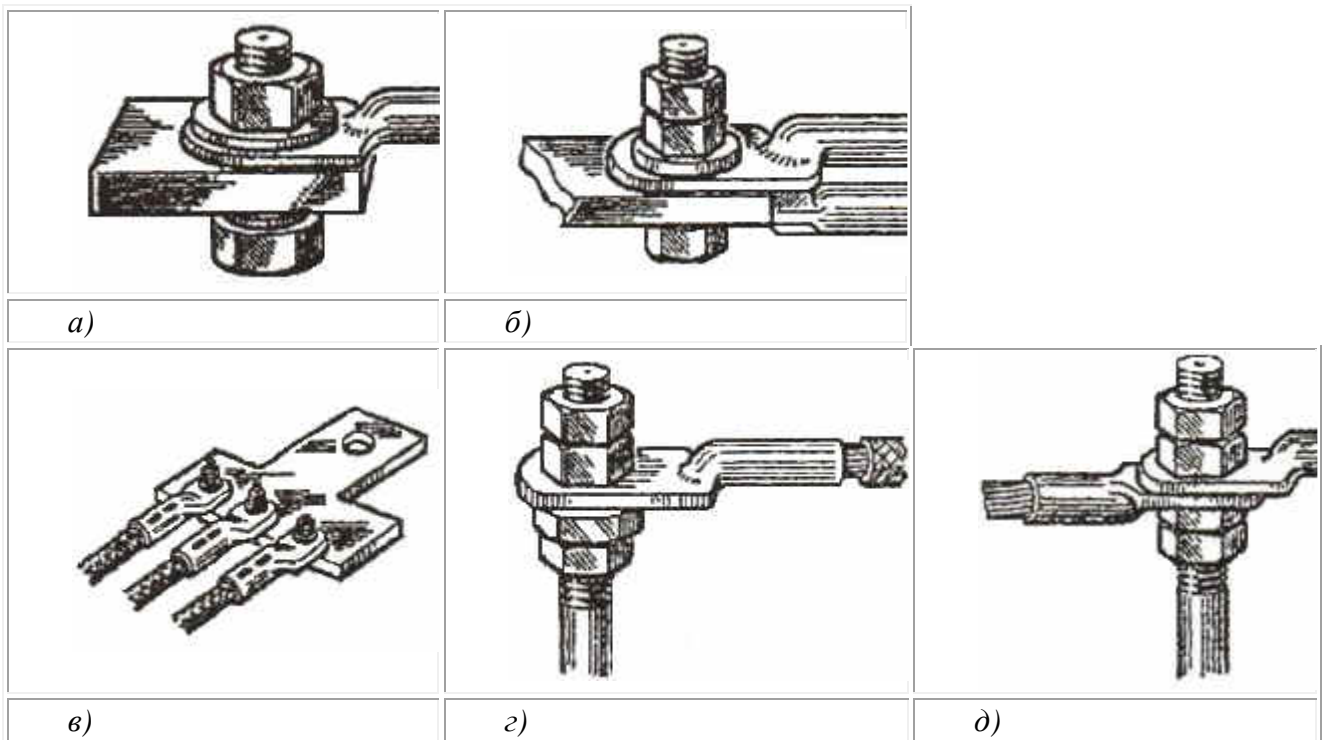
Плоские проводники (наконечники) присоединяются к плоским выводам (рис. 2.9) из меди или алюминиевого сплава с помощью стальных болтов, гаек и шайб, а к выводам из алюминия с применением крепежных болтов и гаек из медных или алюминиевых сплавов, а также шайб в виде тарельчатых пружин. При сборке соединения с тарельчатыми пружинами контргайки не применяют.

Если тарельчатые пружины или болты и гайки из цветных металлов необходимых размеров отсутствуют, подсоединение можно выполнять с применением увеличенной шайбы при условии, что переходное сопротивление и температура нагрева соединения окажутся в заданных пределах.

Если контактное соединение эксплуатируется в помещении с относительной влажностью более 80 % и температурой не ниже 20 °С или в химически активной среде, то оно выполняется с помощью переходных медно-алюминиевых пластин (наконечников). Непосредственно соединять медную жилу с алюминиевым выводом можно в том случае, когда алюминиевый вывод имеет защитное металлопокрытие.

При подсоединении к плоскому выводу двух жил кабеля наконечники следует располагать по обеим сторонам плоского зажима (рис. 2.9, б) для того, чтобы переходное сопротивление было наименьшим и чтобы сохранить более равномерное токораспределение. Если к выводу нужно подсоединить более двух наконечников или если отверстие вывода не соответствует отверстию наконечника, используют переходные детали. К переходной детали наконечники подсоединяются симметрично (рис. 2.9, в).

Плоские медные проводники и наконечники присоединяются к штыревым выводам (рис. 2.9, г) оборудования с помощью стандартных гаек из меди и ее сплавов. Соединения при номинальных токах до 30 А выполняют с помощью стальных гаек, покрытых оловом, никелем или кадмием.



**Рис. 2.9. Подсоединение наконечников к выводам электрооборудования:**

а, б – к плоским выводам одного и двух наконечников, в – с помощью переходной детали, г, д – к штыревым выводам одного и двух наконечников

Алюминиевые плоские проводники при токах до 250 А присоединяются так же, как медные, а при токах от 250 до 400 А для присоединения применяют увеличенные упорные гайки.



Присоединение двух наконечников к штыревому выводу (рис. 2.9, д) необходимо выполнять симметрично, а при подсоединении более двух наконечников использовать переходные детали (рис. 2.9, в).

При токах более 400 А следует использовать медно-алюминиевые наконечники или армировать (плакировать) концы шин.

Круглые проводники сечением до 10 мм<sup>2</sup> подсоединяются к плоским и штыревым выводам после изгибания конца жилы в кольцо с применением под головки винтов шайб-звездочек. Лапки шайб-звездочек при закручивании винта или гайки не должны касаться поверхности вывода или упорной гайки, чтобы колечко жилы было надежно прижато к зажиму. Кольцо провода укладывается под головку болта или гайки так, чтобы оно при закручивании болтов или гаек не выдавливалось из-под них. В тех случаях, когда алюминиевая однопроволочная жила оконцована кольцевым наконечником (пистоном), шайба-звездочка не применяется. При подсоединении жил, оконцованных кольцевым наконечником (пистоном), шайба не используется.

С винтовыми зажимами для втычного присоединения алюминиевые или медные многопроволочные жилы могут соединяться после оконцевания штифтовым наконечником или после сплавления конца жилы в монолит с добавкой легирующих присадок.

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Индивидуальные задания.

## 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 5

1. Тема: присоединение шин, жил, проводов и кабелей к выводам электрооборудования, зажимам, троллеям, шинопроводам

2. Цель: изучить способы присоединение шин, жил, проводов и кабелей к выводам электрооборудования, зажимам, троллеям, шинопроводам

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

1. Для подготовки к присоединению жилы проводов и контрольных кабелей разводятся и изгибаются так, чтобы они подходили к рядам зажимов, приборам, реле и аппаратам в виде организованного правильного потока. Затем жила примеривается к наборному зажиму или зажиму аппарата и отрезается на расстоянии 25-30 мм от центра зажимного винта в сторону свободной части провода. Подготовленные таким образом жилы кабеля очищаются, начиная от места, соответствующего центру зажимного винта, от изоляции, и концы жил изгибаются в кольцо диаметром, равным диаметру зажимного винта. При изготовлении колец необходимо следить за тем, чтобы диаметр кольца был немного больше диаметра зажимного винта, для того чтобы при подключении провода к зажиму или аппарату зажимной винт свободно проходил через кольцо жилы.

2. Перед присоединением к зажимам и вторичным аппаратам на жилы проводов и кабелей надеваются и закрепляются постоянные маркировочные бирки, предварительно промаркированные в соответствии с монтажной схемой.

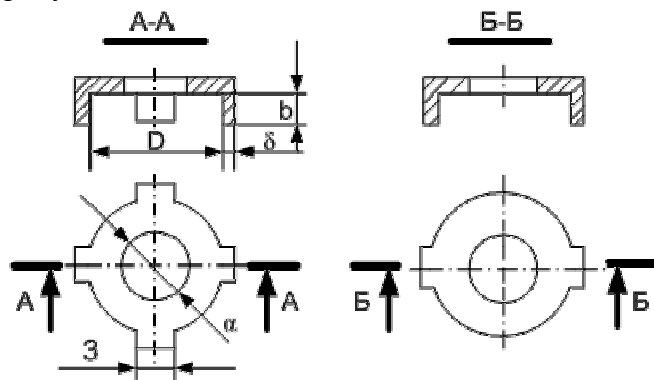
Маркировка бирок может выполняться и после присоединения жил кабелей или проводов.

До присоединения жилы проводов и кабелей должны быть проверены мегаомметром на отсутствие повреждения или увлажнения изоляции жил.

3. Для присоединения медных жил проводов и контрольных кабелей к наборным зажимам или контактными выводами вторичных приборов и аппаратов жилы зачищаются (перед изгибанием в кольцо) наждачной бумагой и крепятся непосредственно к контактной плоскости наборного зажима или вторичного аппарата соответствующим зажимным винтом.

4. Присоединение алюминиевых жил контрольных кабелей к наборным зажимам или выводами вторичных аппаратов с плоской контактной поверхностью выполняется при помощи ограничивающей шайбы-звездочки и стандартной пружинной шайбы. При подключении алюминиевых жил следует обращать особое внимание на качество зачистки жилы. Снятие изоляции с жилы кабеля сечением 2,5 — 4 мм кв. должно выполняться клещами с зазором между губками не менее 3,5 мм во избежание повреждения алюминиевой жилы. При сечении жил не более 4 мм кв. снятие изоляции может производиться ножом с надрезом изоляции по длине ее зачистки.

После снятия изоляции жила должна быть зачищена наждачной бумагой под слоем кварцевазелиновой или цинковазелиновой пасты. Приготовленная таким образом алюминиевая жила крепится после изгибания в кольцо зажимным винтом к зажиму, прибору или аппарату с дополнительной установкой поверх кольца ограничивающей шайбы-звездочки и пружинной шайбы (рисунок).



Шайба-звездочка

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1

Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 6

1. Тема: монтаж заземляющих устройств. Способы присоединения, виды работ, правила монтажа.

2. Цель: изучить способы монтажа заземляющих устройств. Способы присоединения, виды работ, правила монтажа

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

4.1 Краткие теоретические сведения

**Защитное заземление** - это преднамеренное соединение с землей металлических частей электроустановки, не находящихся под напряжением (рукояток приводов разъединителей, кожухов трансформаторов, фланцев опорных изоляторов, корпусов измерительных трансформаторов и т.п.).

**Монтаж заземляющих устройств** состоит из следующих операций: установки заземлителей, прокладки заземляющих проводников, соединения заземляющих проводников друг с другом присоединения заземляющих проводников к заземлителям и электрооборудованию.

Вертикальные заземлители из угловой стали и отбракованных труб погружают в грунт забивкой или вдавливанием, из круглой стали — ввертыванием или вдавливанием. Эти работы выполняют с помощью механизмов и приспособлений, например: копра (забивка в грунт), приспособления к сверлилке (ввертывание в грунт стержневых электродов), механизма ПЗД-12 (ввертывание в грунт электродов заземления).

Для устройства заземления наиболее распространены электрозаглубители, имеющие стандартную электросверлилку и редуктор, понижающий частоту вращения ниже 100 об/мин и соответственно увеличивающий крутящий момент на ввертываемом электроде. При пользовании этими заглубителями к концу электрода приваривают наконечник-забурник, обеспечивающий рыхление грунта и облегчающий погружение электрода. Выпускаемый промышленностью наконечник представляет собой заостренную на конце и изогнутую по винтовой линии стальную полосу шириной 16 мм. В монтажной практике применяются и другие типы наконечников для электродов.

При устройстве заземления **вертикальные заземлители** должны закладываться на глубину 0,5 - 0,6 м от уровня планировочной отметки земли и выступать от дна траншеи на 0,1 - 0,2 м. Расстояние между электродами 2,5 - 3 м. Горизонтальные заземлители и соединительные полосы между вертикальными заземлителями укладывают в траншеи глубиной 0,6 - 0,7 м от уровня планировочной отметки земли.

Все соединения в цепях заземлителей выполняют сваркой внахлестку; места сварки покрывают битумом во избежание коррозии. Траншею роют обычно шириной 0,5 и глубиной 0,7 м. Устройство внешнего заземляющего контура и прокладку внутренней заземляющей сети производят по рабочим чертежам проекта электроустановки.

**Вводы в здание заземляющих проводников** выполняют не менее чем в двух местах. После монтажа заземлителей составляют акт на скрытые работы, указывая на чертежах привязки заземляющих устройств к стационарным ориентирам.

**Заземляющие магистральные проводники** прокладывают по стенам на расстоянии 0,5—0,10 м от поверхностей на высоте 0,4—0,6 м от уровня пола. Расстояние между точками крепления 0,6—1,0 м. В сухих помещениях и при отсутствии химически активной среды допускается прокладка заземляющих проводников вплотную к стене.

**Заземляющие полосы** к стенам крепят дюбелями, которые пристреливают строительным пистолетом либо непосредственно к стене, либо через промежуточные детали. Широко применяют также закладные детали, к которым приваривают полосы заземления. Пистолетом типа ПЦ можно пристреливать детали из листовой или полосовой стали толщиной до 6 мм в основания из бетона (марки до 400), кирпича и др.

**В сырых, особо сырых помещениях и в помещениях с едкими испарениями** (с агрессивной средой) **заземляющие проводники** приваривают к опорам, закрепленным дюбелями-гвоздями. Для создания зазора между заземляющим проводником и основанием в таких помещениях используют штампованный держатель из полосовой стали шириной 25 - 30 и толщиной 4 мм, а также кронштейн для прокладки круглых заземляющих проводников диаметром 12 - 19 мм. Длина нахлестки при сварке должна быть равна двойной ширине полосы для прямо угловых полос или шести диаметрам для круглой стали.

**К трубопроводам заземляющие проводники присоединяют** при наличии на трубах задвижек или болтовых фланцевых соединений выполняют обходные перемычки.

Части электроустановок, подлежащие заземлению, присоединяют к заземляющим магистралям отдельными ответвлениями. **Стальные заземляющие проводники** присоединяют к металлоконструкциям сваркой, к оборудованию - под возможно, сваркой. заземляющий болт или, где проводники присоединяют к медными проводниками с креплением проволочным бандажом и пайкой. Вокруг подстанции обычно делают общий заземляющий контур, к которому приваривают заземляющие проводники внутренней части подстанции. **Отдельные элементы электрооборудования** присоединяют к заземляющим проводникам параллельно, а не последовательно, иначе при обрыве заземляющего проводника часть оборудования может оказаться незаземленной.

**На подстанциях заземляют все элементы электрооборудования и металлические конструкции. Силовые трансформаторы заземляют** гибкой перемычкой, изготовленной из стального троса. Перемычку с одной стороны приваривают к заземляющему проводнику, с другой - присоединяют к трансформатору с помощью болтового соединения. **Разъединители заземляют** через раму, плиту привода и опорный подшипник; корпус вспомогательных контактов — присоединением к шине заземления.

Если разъединители и приводы смонтированы на металлических конструкциях, то заземление выполняют путем приваривания к ним заземляющего проводника.

**Предохранители на 6 - 10 кВ заземляют** путем присоединения заземляющего проводника к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции, на которой они установлены.

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Индивидуальные задания

## 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 7

1. Тема: ремонт электроаппаратуры и установок в сетях напряжением до 1000 В.

2. Цель: изучить способы ремонта электроаппаратуры и установок в сетях напряжением до 1000 В.

3. Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы.

4.1 Краткие теоретические сведения

При ремонте реостата проверяют плотность прилегания щеток к контактам и легкость перемещения подвижного контакта по поверхности неподвижных. Для увеличения давления щеток на контакты отвертывают стопорный болт, прижимают подвижный контакт к неподвижным и вновь закрепляют кольцо. Перегоревшие элементы восстанавливают, чугунные заменяют новыми, а ленточные и проволочные сваривают, предварительно соединив на дайте 15 мм поврежденные места бандажом из медной проволоки диаметром 0,5 мм.

Реостаты серий РМ и ПР заливают сухим чистым трансформаторным маслом; уровень масла в баке устанавливают в пределах между рисками в маслоуказательном стекле. После ремонта проверяют реостат на отсутствие обрыва в цепи и плавность хода подвижного контакта. При ремонте жидкостных реостатов очищают контакты и ножи, регулируют механизм подъема и опускания ножей, заменяют загрязненный раствор в баке реостата.

При ремонте барабанного кранового контроллера его продувают сжатым воздухом, очищают тряпкой, смоченной керосином, в изоляционные поверхности сухой тряпкой; устанавливают провал сухаря в пределах 2—3 мм. Увеличенный провал повышает износ сухарей и концов сегментов и вызывает поломку пальцев. Регулирование провала производят при помощи регулировочного винта 1. Недостаточный провал указывает на слабое нажатие.

При ремонте магнитного пускателя очищают контакты, проверяют сохранность биметаллических элементов и нагревателей. Вышедшие из строя элементы заменяют новыми заводского изготовления. Удерживающую катушку с пересохшей изоляцией заменяют новой. При отсутствии катушек заводского изготовления их наматывают в ЭРЦ. Если на сгоревшей катушке нет паспорта и не известны ее заводские данные, то число витков и сечение провода определяют по старой катушке. У многовитковых катушек число витков может быть определено по диаметру проволоки, массе меди и средней длине витка.

При ремонте контактора очищают от копоти и грязи контакты и пластины в дугогасительной камере. Обгоревшие контакты очищают мягкой стальной щеткой. Обращают внимание на состояние гибкой связи из медных пластин толщиной 0,2—0,5 мм. Поврежденные пластины заменяют новыми таких же сечений. О состоянии электромагнитной системы судят по величине издаваемого при работе шума. Повышенный шум свидетельствует об ослаблении винтов, крепящих ярмо и якорь, повреждении короткозамкнутого витка и недостаточности площади прилегания поверхностей обеих половин электромагнита. В этом случае подтягивают крепежные детали якоря и сердечника, устанавливают в вырезе сердечника короткозамкнутый виток, увеличивают площадь соприкосновения обеих половин электромагнита и добиваются большей точности их пригонки. При прижатом к сердечнику якорю полоска папиросной бумаги не должна передвигаться между крайними выступами магнитопровода. Если поверхность соприкосновения менее 60—70 %, то сердечник нуждается в подгонке.

Ремонт автоматических выключателей серии А незначительно отличается от ремонта магнитных пускателей и здесь не рассматривается. При регулировании выключателя «Электрон» на силу тока 1000—4000 А раствор разрывных контактов устанавливают не менее 18 мм; зазор между главными контактами при касании разрывных контактов должен быть не менее 11 мм; величину хода якоря механизма включения доводят до 4\*4,5 мм, проверяют провалы главных и разрывных контактов. Они должны составлять у главных  $3,5 \pm 0,5$  мм, у разрывных  $6 \pm 2$  мм. Увеличение провала главных контактов достигается одновременным вывинчиванием регулировочных болтов на равное число оборотов (1 оборот болта равен 1 мм). При проверке расщепителей убеждаются, что упор толкателя находится в зацеплении с кулачком валика.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

**Определение объема ремонта.**

Перед ремонтом обмоток необходимо точно определить характер неисправности. Часто направляют в ремонт исправные электродвигатели, ненормально работающие в результате повреждения питающей сети, приводного механизма или неправильной маркировки выводов.

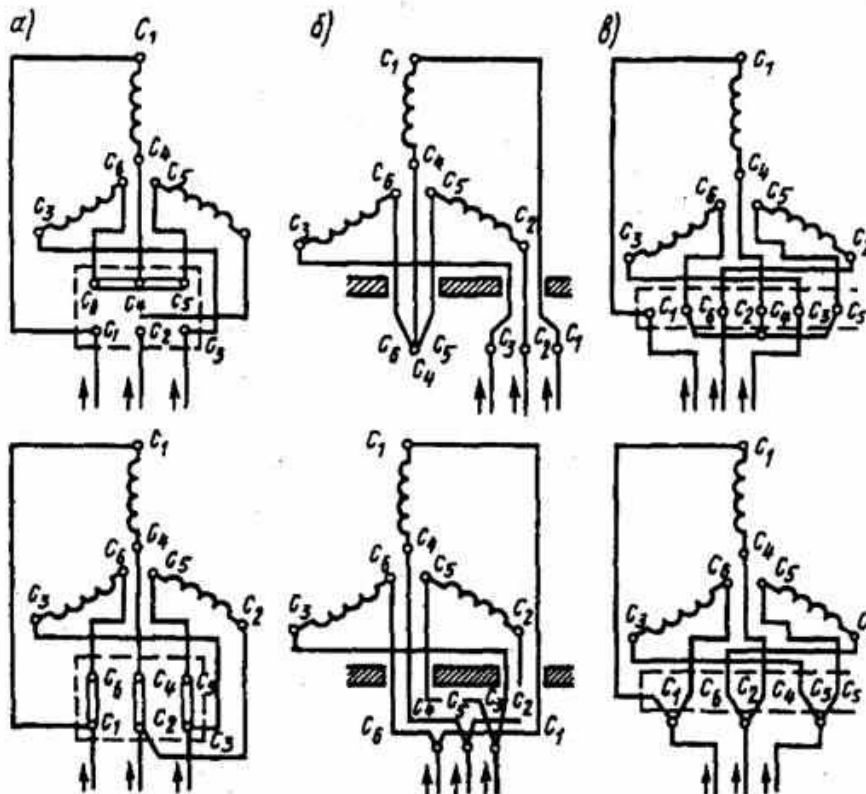


Рис. 1 Схемы соединения обмоток при фазных исполнениях выводов и наличии: а — у двигателя щитка с зажимами; б — двух выводных отверстий; в — выводов, расположенных в один ряд

Основой якорной обмотки машин постоянного тока служит секция, т. е. часть обмотки, заключенная между двумя коллекторными пластинами. Несколько секций обмотки обычно объединяют в катушку, которую укладывают в пазы сердечника. Схемы однофазных обмоток составляют в основном по тем же правилам, что и схемы трехфазных обмоток, только у них рабочая фаза занимает 2/3 пазов, а пусковая 1/3. У конденсаторных двигателей половину пазов занимает главная фаза и половину — вспомогательная. Назначая ремонт, следует помнить, что у электродвигателей мощностью до 5 кВт с двухслойной обмоткой при необходимости замены хотя бы одной катушки выгоднее перемотать статор полностью. У двигателей мощностью 10—100 кВт с обмоткой из круглого провода одну-две катушки можно заменить методом протяжки без подъема неповрежденных катушек.

**Обмотки электрических машин и способы их соединений.**

Основой фазной обмотки машин переменного тока служит катушка, т. е. комплект проводов, которому придают форму, удобную для укладки в пазы сердечника, отстоящие друг от друга на величину шага обмотки. Одна или несколько рядом лежащих катушек, принадлежащих одной фазе и расположенных под одним полюсом, образуют катушечную группу. Катушечную группу в мягких обмотках наматывают целиком одним и несколькими параллельными непрерывными проводами, а в некоторых случаях наматывают целиком фазу обмотки. Варианты соединения обмоток при фазных исполнениях выводов показаны на рис. 12.

**Ремонт статорных обмоток электрических машин.**

Для записи обмоточных данных при перемотке используют приведенную ниже форму обмоточной карточки. Ф о р м а 2 Обмоточная карточка

1. Тип электродвигателя .....
2. Заводской номер .....

3. Дата изготовления . . . . . ; . . . . .
  4. Мощность, кВт . . . . .
  5. Напряжение, В . . . . .
  6. Ток, А
  7. Число фаз
  8. Частота вращения, об/мин . . . . .
  9. Частота, Гц
  10. Соединение фаз . . . . .
  11. Длина пакета статора, мм . . . . .
  12. Диаметр расточки статора, мм
  13. Число пазов статора .
  14. Род обмотки (двухслойная, однослойная концентрическая, цепная, однослойная концентрическая внавал и т. д.)
  15. Схема обмотки.
  16. Форма лобовых частей (для двухплоскостных и трехплоскостных однослойных обмоток) . . . . .
  17. Вылет лобовых частей (расстояние от торца пакета до наиболее удаленной точки лобовых частей обмотки):
    - со стороны схемы, мм с противоположной стороны, мм . . . . .
    - Число проводов в пазу: <
      - в верхнем слое . . . . . , . . . . .
      - в нижнем слое общее
    - 1. Число параллельных проводов . . . . .
    - 2. Обмоточный провод:
      - марка диаметр, мм
      - Шаг обмотки (для концентрической обмотки указать шаги всех катушек катушечной группы или полугруппы)
        1. Число параллельных ветвей . . . . .
        2. Средняя длина витка, мм . . . . .
        3. Эскиз паза с размерами, изоляцией и расположением проводов . . . . .
  25. Размеры, форма и материал пазовых клиньев . . . . .
- Обмотчик: . . . . .
- Подпись: . . . . .
- Дата: . . . . .

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

- 6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 9

1. Тема: ремонт сердечников. Виды работ при ремонте

2. Цель: изучить виды работ при ремонте сердечников.

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

4.1 Краткие теоретические сведения

Характерными повреждениями сердечников (роторов и якорей) являются:

1) Ослабление посадки сердечника в корпусе (на валу)

2) Сдвиг в осевом направлении

3) Распушение крайних листов

4) Ослабление прессовки

5) Выгорание или оплавление отдельных участков

6) Износ внутренних (наружных) поверхностей

Ремонт при ослаблении посадки сердечника

1) Проверка состояния штопоров и шпоночных канавок

2) Устанавливают сердечник на место и закрепляют вновь изготовленными стопорами в новые отверстия

3) Сердечник ротора или якоря выпрессовывают, ремонтируют или заменяют валом устанавливают сердечник

Ремонт при распушении крайних листов сердечника

1) Пропитывают ножовочным полотном наклонные пазы в зубцах и проваривают эти пазы электросваркой электродом ОММ5 диаметром 2 мм, сжав кольцом, при помощи шпилек, пропущенных через пазы. Шов зашлифовывают

2) Склеивают, промазав лаком, стягивают кольцом, шпильками и сушат.

Ремонт при ослаблении прессовки сердечника.

Если сердечник небольшого диаметра, то между нажимной шайбой и крайними листами через каждые 2-4 зубца забивают текстолитовые клинья. Для предотвращения выпадения его промазывают лаком и загибают крайний лист сердечника.

У крупных машин протягивают стяжные шпильки. По окончании протяжки восстанавливают стопорящие сварочные швы.

Ремонт при выгорании участка зубца сердечника.

При выгорании или оплавлении участка зубца сердечника производят удаление дефектной части и установку на её место протеза из стеклотекстолита, который необходим для предотвращения выпучивания обмотки.

В зависимости от вида неисправности ремонт может заключаться в местном ремонте — устранении дефектов без перешихтовки сердечника, в перешихтовке части или всего сердечника, в перешихтовке части или всего сердечника с переизолировкой листов стали. В зависимости от характера повреждения критерии для определения объема работ следующие:

1. Превышение общего нагрева сердечника и удельных потерь в стали сверх допустимых для данного сорта (марки) стали свидетельствует о нарушении межлистовой изоляции во всем объеме сердечника. В этом случае следует перешихтовать сердечник с переизолировкой всех листов стали. Этот вид неисправности обычно свойствен машинам, находившимся в длительной эксплуатации и особенно при недостаточно плотной прессовке стали. Следует отметить, что слабая прессовка может как быть дефектом при изготовлении машины на электромашиностроительном заводе, так и возникнуть в процессе ее эксплуатации.

2. При большом числе недопустимых местных превышений температуры сердечника на расточке статора или поверхности ротора (якоря) и особенно при расположении дефектных мест вблизи корня зубца или на дне паза также целесообразно полностью перешихтовать сердечник с переизолировкой листов стали. Эти недопустимые превышения температуры являются следствием нарушения межлистовой изоляции и замыкания листов в зубцовой зоне, и если даже устранить эти замыкания местным ремонтным дефектных мест, то нет уверенности, что они не возникнут вновь в прежних или других, новых местах при выемке и последующей укладке обмотки. Ремонт же сердечника с уложенной обмоткой может очень осложниться или даже оказаться невозможным при недоступном расположении дефектных участков стали и, кроме того, связан с большим риском повреждения обмотки.

3. При небольшом количестве местных недопустимых превышений температуры, выгорании небольшого объема стали в пределах нескольких зубцов в результате виткового замыкания



или повреждения сердечника из-за попадания в воздушный зазор постороннего металлического предмета можно ограничиться местным ремонтом дефектных мест, однако только при положительных результатах испытания отремонтированного сердечника и удовлетворительном состоянии его прессовки.

4. При выгорании значительного объема стали и невозможности ремонта поврежденного участка из-за его недоступного расположения или неудовлетворительных показателей местного ремонта по результатам испытания стали целесообразно расшихтовать сердечник до поврежденного места, переизолировать и при необходимости отремонтировать выгоревшие листы стали и вновь зашихтовать сердечник, располагая отремонтированные листы равномерно по всей расшихтованной зоне. При возможности желательно вместо отремонтированных закладывать новые листы стали.

5. При ослаблении прессовки стали сердечника, но удовлетворительных результатах испытания (допустимом общем нагреве, отсутствии чрезмерного превышения температуры и удовлетворительной величине удельных потерь в стали) ремонт следует производить лишь путем восстановления прессовки способами, описанными ниже.

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1

Индивидуальные задания

### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

1.Тема: ремонт коллекторов и контактных колец Виды работ, инструменты и приспособления.

2.Цель:изучитьт виды работ при ремонте коллекторов и контактных колец.

3. Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы.

#### 4.1 Краткие теоретические сведения

**Ремонт коллекторов.** Коллекторы на пластмассе наиболее часто имеют следующие дефекты: царапины, выбоины и подгар коллекторных пластин, трещины в пластмассе, местное выгорание пластмассы, электрический пробой изоляции, замыкание пластин на корпус и между собой, распайка контактов между пластинами и обмоткой. Указанные дефекты (кроме последнего), как правило, происходят на стороне коллектора, свободной от обмотки, поскольку она больше загрязнена маслом и пылью. При ремонте коллектор можно не снимать с вала.

При наличии небольших перекрытий на поверхности пластмассы их зачищают стеклянной шкуркой, обезжиривают и покрывают эмалью, протирают салфетками и не менее двух раз покрывают эмалью воздушной сушки. Прожоги на значительной площади удаляют проточкой на токарном станке на глубину 2... 3 мм, после чего обработанную поверхность шлифуют стеклянной шкуркой, обезжиривают и покрывают эмалью. Трещины глубиной до 3 мм и прогары удаляют сверлением, обработанные места очищают и обезжиривают, после чего заполняют эпоксидным компаундом холодного отвердевания. После застывания компаунда его покрывают эмалью. Замыкание пластин между собой устраняют расчисткой дорожек между пластинами и обработкой оплавленных или обгоревших пластин шабером.

Для устранения сильных подгаров, выработок, неровностей и биения коллектор протачивают по наружной поверхности, не снимая с вала. Для этого ротор устанавливают в центры или на люнеты токарного станка. После проточки продораживают коллектор и снимают фаску.

В отличие от коллекторов на пластмассе коллекторы на стальной втулке в ряде случаев разбирают и заменяют отдельные коллекторные и изоляционные пластины. Замена пластин может производиться как со снятием, так и без снятия коллектора с вала.

В обоих случаях разборка производится следующим образом. Обвязывают коллекторные пластины стальной отожженной проволокой 7, отвертывают стопоры 2, гайку 1 и снимают нажимной конус 3 вместе с бандажом 4 и манжетой 6 (рис. 9.12, а). Осматривают манжету и пластины с торца. При незначительных повреждениях манжеты очищают поврежденное место и устанавливают на нем на клею миканитовые прокладки. При подгаре пластин с торца зачищают поврежденные места.

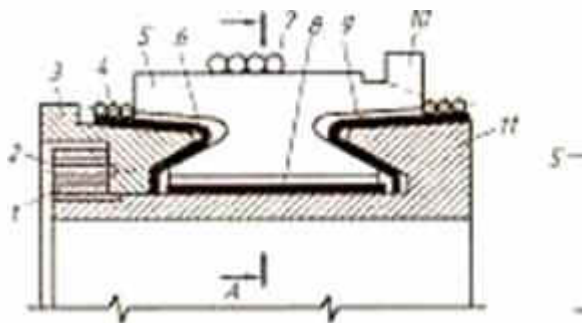


Рис. 9.12. Коллектор на стальной втулке:

1-гайка; 2-стопор; 3-нажимной конус; 4-бандаж; 5-коллекторная пластина; 6, 9— манжеты; 7— временный проволочный бандаж; 8— изоляционный цилиндр; 10 — петушки; 11 — нажимной конус; 12— изоляционная прокладка

Для снятия кольца коллекторных пластин 5 необходимо сначала отсоединить обмотку от петушков 10. Если обмотка припаяна, производят распайку паяльником, если приварена — протачивают торцы петушков на глубину проварки (как правило, она составляет не более 2... 3 мм). В конструкции коллектора с привариваемой обмоткой предусмотрена одно-двухкратная проточка места сварки. После отсоединения обмотки снимают кольцо коллекторных пластин 5 с нажимного конуса 11 и осматривают изоляционный цилиндр 8 и вторую манжету 9, у которых при необходимости устраняют повреждения.



Рис. 9.13. Приспособление для замены коллекторных пластин  
1— гайка; 2— конус; 3 — диск; 4 — шпилька; 5 — подставка; 6 — вырез.

При пробое изоляционной прокладки 12 между коллекторными пластинами 5 или при сильном выгорании коллекторных пластин (до 4 — 5 штук) их заменяют. Для этого применяют приспособление, показанное на рис. 9.13. Коллектор устанавливают на подставку 5, на пластины одевают диск 3 и фиксируют коллектор шпильками 4. Отвертывают стопоры, гайку 1, снимают конус 2 и манжету. Диск 3 имеет вырезы бнапротив коллекторных пластин, подлежащих замене, через которые выбивают поврежденные пластины. Взамен удаленных устанавливают новые пластины из меди той же марки. Новые пластины вместе с новыми изоляционными прокладками предварительно спрессовывают. После сборки коллектор необходимо проточить и произвести его формовку. Формовка производится при скорости на 20 % выше номинальной и при высокой температуре. Формовку, прессовку и подтяжку нажимных конусов прекращают при биении менее 0,03 мм.

**Ремонт контактных колец.** При выработке контактных колец их протачивают. При пробое изоляции колец на втулку или между собой, а также при выгорании контактной шпильки или большом износе колец последние необходимо спрессовать с втулки. После этого срезают с втулки изоляцию и тщательно очищают ее наружную поверхность. На очищенную поверхность наносят новую изоляцию, опрессовывают втулку и запекают изоляцию в пресс-форме.

Затем протачивают втулку до нужных размеров и насаживают на нее с натягом новые или отремонтированные контактные кольца. Посадка колец проводится в горячем состоянии (температура колец равна 300...400°C).

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

1. Тема: изучение схем и групп соединения обмоток .

2. Цель: изучить схемы и группы соединения обмоток .

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

#### 4.1 Краткие теоретические сведения

Трехфазный трансформатор имеет две трехфазные обмотки - высшего (ВН) и низшего (НН) напряжения, в каждую из которых входят по три фазные обмотки, или фазы. Таким образом, трехфазный трансформатор имеет шесть независимых фазных обмоток и 12 выводов с соответствующими зажимами, причем начальные выводы фаз обмотки высшего напряжения обозначают буквами А, В, С, конечные выводы - X, Y, Z, а для аналогичных выводов фаз обмотки низшего напряжения применяют такие обозначения: a, b, c, x, y, z.

Каждая из обмоток трехфазного трансформатора — первичная и вторичная — может быть соединена тремя различными способами, а именно:

- звездой;
- треугольником;
- зигзагом.

В большинстве случаев обмотки трехфазных трансформаторов соединяют либо в звезду, либо в треугольник (рис. 1).

Выбор схемы соединений зависит от условий работы трансформатора. Например, в сетях с напряжением 35 кВ и более выгодно соединять обмотки в звезду и заземлять нулевую точку, так как при этом напряжение проводов линии передачи будет в  $\sqrt{3}$  раз меньше линейного, что приводит к снижению стоимости изоляции.

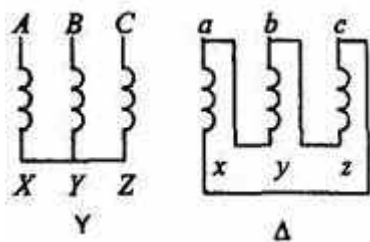


Рис.1

Осветительные сети выгодно строить на высокое напряжение, но лампы накаливания с большим номинальным напряжением имеют малую световую отдачу. Поэтому их целесообразно питать от пониженного напряжения. В этих случаях обмотки трансформатора также выгодно соединять в звезду (Y), включая лампы на фазное напряжение.

С другой стороны, с точки зрения условий работы самого трансформатора, одну из его обмоток целесообразно включать в треугольник.

Фазный коэффициент трансформации трехфазного трансформатора находят, как отношение фазных напряжений при холостом ходе:

$$n_{\text{ф}} = U_{\text{фвнх}} / U_{\text{фннх}},$$

а линейный коэффициент трансформации, зависящий от фазного коэффициента трансформации и типа соединения фазных обмоток высшего и низшего напряжений трансформатора, по формуле:

$$n_{\text{л}} = U_{\text{лвнх}} / U_{\text{лннх}}.$$

Если соединений фазных обмоток выполнено по схемам "звезда-звезда" или "треугольник-треугольник", то оба коэффициента трансформации одинаковы, т.е.  $n_{\text{ф}} = n_{\text{л}}$ .

При соединении фаз обмоток трансформатора по схеме "звезда - треугольник" -  $n_{\text{л}} = n_{\text{ф}}\sqrt{3}$ , а по схеме "треугольник-звезда" -  $n_{\text{л}} = n_{\text{ф}}/\sqrt{3}$

#### Группы соединений обмоток трансформатора

**Группа соединений обмоток трансформатора характеризует взаимную ориентацию напряжений первичной и вторичной обмоток.** Изменение взаимной ориентации этих напряжений осуществляется соответствующей перемаркировкой начал и концов обмоток.

Стандартные обозначения начал и концов обмоток высокого и низкого напряжения показаны на рис.1.

Рассмотрим вначале влияние маркировки на фазу вторичного напряжения по отношению к первичному на примере однофазного трансформатора (рис. 2 а).

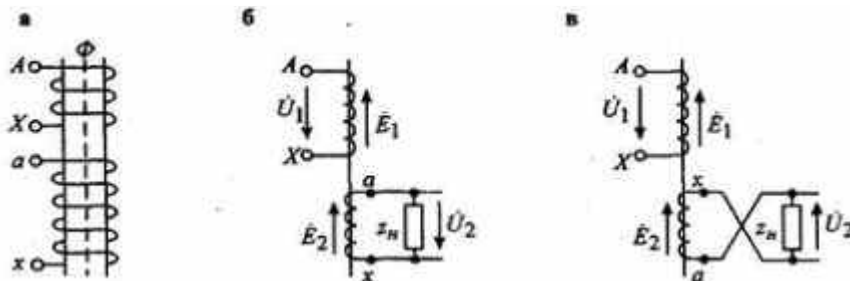


Рис.2

Обе обмотки расположены на одном стержне и имеют одинаковое направление намотки. Будем считать верхние клеммы началами, а нижние - концами обмоток. Тогда ЭДС  $\dot{E}_1$  и  $\dot{E}_2$  будут совпадать по фазе и соответственно будут совпадать напряжение сети  $U_1$  и напряжение на нагрузке  $U_2$  (рис. 2 б). Если теперь во вторичной обмотке принять обратную маркировку зажимов (рис. 2 в), то по отношению к нагрузке ЭДС  $\dot{E}_2$  меняет фазу на  $180^\circ$ . Следовательно, и фаза напряжения  $U_2$  меняется на  $180^\circ$ .

Таким образом, в однофазных трансформаторах возможны две группы соединений, соответствующих углам сдвига  $0$  и  $180^\circ$ . На практике для удобства обозначения групп используют циферблат часов. Напряжение первичной обмотки  $U_1$  изображают минутной стрелкой, установленной постоянно на цифре 12, а часовая стрелка занимает различные положения в зависимости от угла сдвига между  $U_1$  и  $U_2$ . Сдвиг  $0^\circ$  соответствует группе 0, а сдвиг  $180^\circ$  - группе 6 (рис. 3).

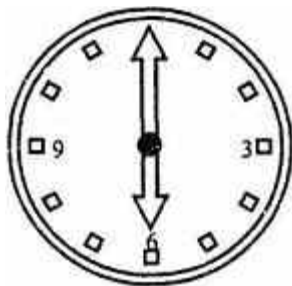


Рис.3

В трехфазных трансформаторах можно получить 12 различных групп соединений обмоток. Рассмотрим несколько примеров.

Пусть обмотки трансформатора соединены по схеме  $Y/Y$  (рис. 4). Обмотки, расположенные на одном стержне, будем располагать одну под другой.

Зажимы  $A$  и  $a$  соединим для совмещения потенциальных диаграмм. Зададим положение векторов напряжений первичной обмотки треугольником  $ABC$ . Положение векторов напряжений вторичной обмотки будет зависеть от маркировки зажимов. Для маркировки на рис. 4а, ЭДС соответствующих фаз первичной и вторичной обмоток совпадают, поэтому будут совпадать линейные и фазные напряжения первичной и вторичной обмоток (рис. 4, б). Схема имеет группу  $Y/Y - 0$ .

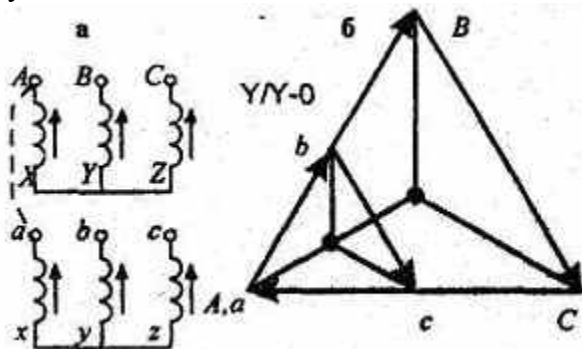


Рис. 4

Изменим маркировку зажимов вторичной обмотки на противоположную (рис. 5. а). При перемаркировке концов и начал вторичной обмотки фаза ЭДС меняется на  $180^\circ$ . Следовательно, номер группы меняется на 6. Данная схема имеет группу  $Y/Y - 6$ .

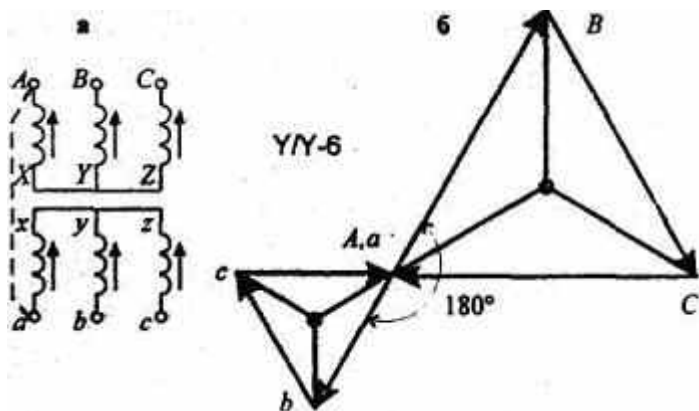


Рис. 5

На рис. 6 представлена схема, в которой по сравнению со схемой рис 4 выполнена круговая перемаркировка зажимов вторичной обмотки. При этом фазы соответствующих ЭДС вторичной обмотки сдвигаются на  $120^\circ$  и, следовательно, номер группы меняется на 4.

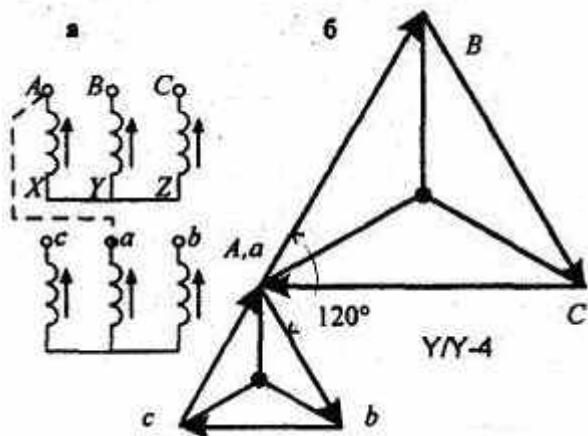


Рис. 6

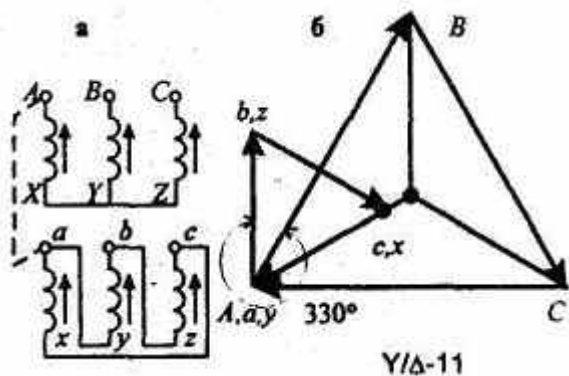


Рис. 7

Схемы соединений Y/Y позволяют получить четные номера групп, при соединении обмоток по схеме "звезда-треугольник" номера групп получаются нечетными. В качестве примера рассмотрим схему, представленную на рис. 7.

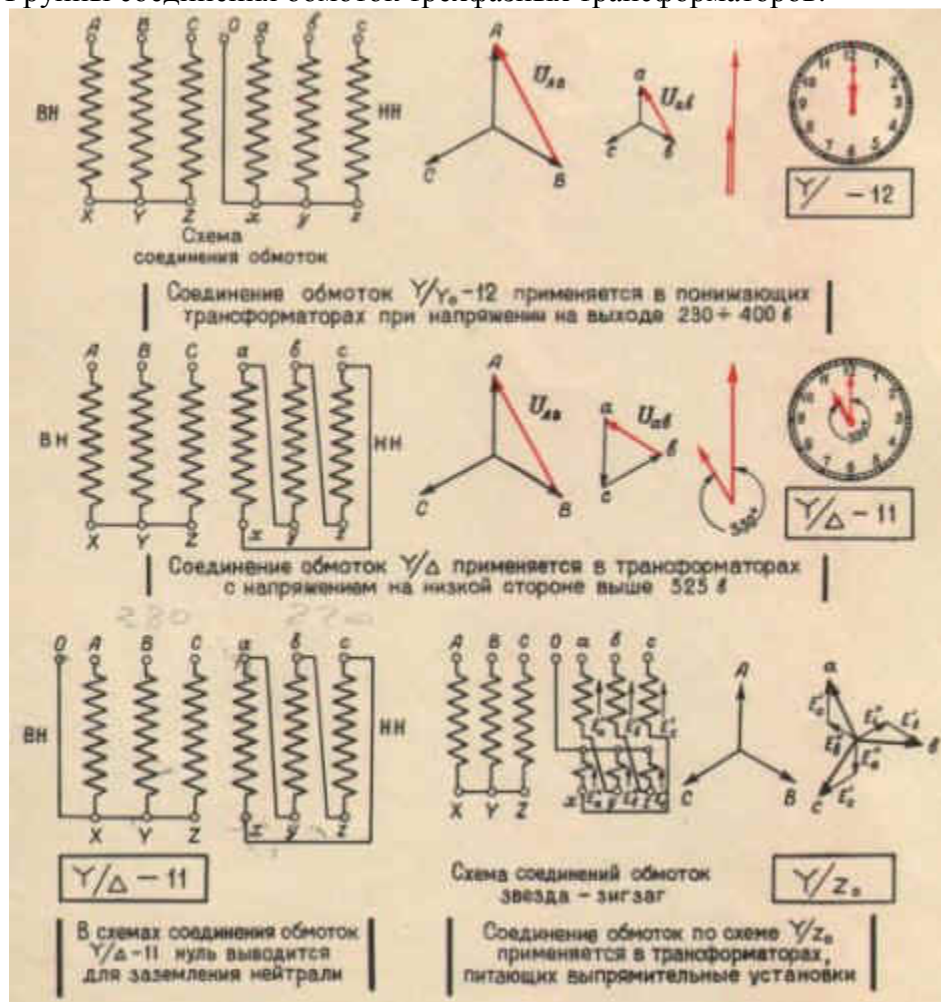
В этой схеме фазные ЭДС вторичной обмотки совпадают с линейными, поэтому треугольник abc поворачивается на  $30^\circ$  против часовой стрелки по отношению к треугольнику ABC. Но так как угол между линейными напряжениями первичной и вторичной обмоток отсчитывается по часовой стрелке, то группа будет иметь номер 11.

Из двенадцати возможных групп соединений обмоток трехфазных трансформаторов стандартизованы две: "звезда-звезда" - 0 и "звезда-треугольник" - 11. Они, как правило, и применяются на практике.

Схемы "звезда-звезда с нулевой точкой" используют в основном для трансформаторов потребителей напряжением 6 - 10/0,4 кВ. Нулевая точка дает возможность получить напряжение 380/220 или 220/127 В, что удобно для одновременного подключения как трехфазных, так и однофазных приемников электроэнергии (электродвигателей и ламп накаливания).

Схемы "звезда-треугольник" применяют для высоковольтных трансформаторов, соединяя обмотку 35 кВ в звезду, а 6 или 10 кВ в треугольник. Схема "звезда с нулевой точкой" используется в высоковольтных системах, работающих с заземленной нейтралью.

Группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов:



5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 12

1. Тема: ремонт силовых трансформаторов. Способы регулирования напряжения трансформатора.

2. Цель: изучить ремонт силовых трансформаторов.

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

*При текущем ремонте трансформаторов* производят наружный осмотр трансформатора и всей арматуры: спуск грязи из расширителя; доливку масла (в случае необходимости); проверку маслоуказательных устройств, спускного крана и уплотнений, пробивных предохранителей у трансформаторов с незаземленным нулем с низкой стороны, рабочего и защитного заземления, сопротивление изоляции обмоток, испытание трансформаторного масла, проверку газовой защиты.

*При капитальном ремонте трансформаторов* производят вскрытие трансформатора; подъем сердечника и осмотр его; ремонт выемной части (стали, обмотки, переключателей, отводов); ремонт очистительных устройств; чистку и окраску кожуха; проверку контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств; очистку и замену масла; сушку изоляции; сборку трансформатора, проведение установленных измерений и испытаний.

**Таблица 1.**

### **Характерные повреждения трансформаторов.**

Элементы трансформатора	Повреждение	Возможные причины
Обмотки	Межвитковое замыкание	Естественное старение и износ изоляции; систематические перегрузки трансформатора; динамические усилия при сквозных коротких замыканиях
	Замыкание на корпус (пробой); междуфазное замыкание	Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня; внутренние и внешние перенапряжения; деформация обмоток вследствие динамических нагрузок при коротких замыканиях
	Обрыв цепи	Отгорание отводов обмотки в результате низкого качества соединения или электродинамических нагрузок при коротких замыканиях
Переключатели напряжения	Отсутствие контакта	Нарушение регулировки переключающего устройства
	Оплавление контактной поверхности	Термическое воздействие сверхтоков на контакт
	Перекрытие на корпус	Трещины в изоляторах; понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изолятора
	Перекрытие между вводами отдельных фаз	Повреждение изоляции отводов к вводам или переключателю
Магнитопровод	Увеличение тока холостого хода	Ослабление шихтованного пакета магнитопровода
	«Пожар стали»	Нарушение изоляции между отдельными пластинами стали или изоляции стяжных болтов; слабая прессовка пластин; образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом; образование короткозамкнутого кон-



		тура при выполнении заземления магнитопровода со стороны вдов обмоток ВН и НН
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов, кранов и фланцевых соединений	Нарушение сварного шва от механических или температурных воздействий; плохо притерта пробка крана; повреждена прокладка под фланцем

### Осмотр и дефектация.

Возможные неисправности силовых трансформаторов приведены в таблице 1. При наличии технической документации дефектация сводится к осмотру и определения состояния и комплектности трансформатора, уточнению условий и возможностей ремонта трансформатора на месте. При отсутствии технической документации осмотр и дефектацию производят в полном объеме с выполнением необходимых замеров и испытаний. Результаты заносят в специальную ведомость дефектов.

### Таблица 2.

#### Ремонт обмоток силовых трансформаторов.

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Устранение: Поверхностных повреждений небольших участков витковой изоляции	Поврежденную витковую изоляцию восстанавливают путем наложения на оголенный провод витка слоя маслостойкой лакоткани ЛСХМ в полуперекрышу	Эти дефекты устраняют без демонтажа обмоток
Ослабления прессовки обмоток	Обмотки, не имеющие прессующих колец, подпрессовывают	По всей окружности обмотки между уравнивательной и ярмовой изоляциями забивают дополнительные прокладки из прессованного электрокартона
Незначительной деформации отдельных секций	Изоляцию отвода восстанавливают путем наложения на поврежденный участок двух слоев лакоткани шириной 25-30 мм	Изолированной придают нужный размер путем подпрессовки. Изготовленную катушку высушивают, пропитывают лаком ГФ-95 и запечатывают при температуре 100 °С в течение 8-12 ч.
Повреждение изоляции отвода	Поврежденную изоляцию удаляют обжигом в печи при температуре 450-500 °С. Витки изолируют кабельной бумагой или тафтяной лентой в два слоя с перекрытием	На шаблон перед намоткой провода накладывают слой электротехнического картона толщиной 0.5 мм, предохраняющего витки первого слоя от сдвига при снятии катушки
Ремонт изоляции обмоток с использованием провода поврежденной катушки	Для этой операции изменяют обмоточные станции с ручным или моторным приводом. Катушку наматывают на шаблоне	При переходе из одного слоя в другой в местах перехола прокладывают полоску персшпана на 4-5 мм больше ширины витка для предохранения изоляции крайних витков
Изготовление цилиндрической обмотки НН на провода прямоугольного профиля	При намотке однослойной катушки витки закрепляют с помощью банджа из киперной ленты. При намотке многослойных катушек бандажирование не делают	Поясок изготавливают в виде полоски из электротехнического картона толщиной, равной диаметру провода.
Изготовление многослойной обмотки НН из круглого провода	Каждый слой обматывают кабельной бумагой, которой покрывают все витки и пояски, уложенные в торцах	

	шаблона	Сам поясок схватывают бумагой шириной 25мм и укладывают в торце шаблона
Соединение обмоток	Провода сечением до 40 мм <sup>2</sup> соединяют пайкой паяльником, большого сечения – специальными клещами. Припой фосфористая бронза диаметром 3-4 мм или серебряный припой ПСр-45, ПСр-70	При пайке проводов применяют флюс-канифоль или флюспорошкообразную бурю
Пропитка и сушка обмоток	Обмотки опускают в глифталевый лак и выдерживают до полного выхода пузырьков воздуха, затем поднимают, дают стечь излишкам лака (15-20 мин) и помещают в печь для запекания	Сушка считается законченной, когда лак образует твердую блестящую и эластичную пленку

**Таблица 3.**

**ремонт магнитопровода силового трансформатора.**

<b>Операция</b>	<b>Ремонтные работы</b>	<b>Пояснение</b>
Разборка магнитопровода	Отвертывают верхние гайки вертикальных шпилек и гайки горизонтальных пресующих шпилек. Снимают ярмовые балки. Расшихтовывают верхнее ярмо со стороны ВН и НН одновременно. Эскизируют взаимное расположение пластин двух последних слоев активной стали магнитопровода. Связывают верхние концы пластин, продевая кусок проволоки в отверстие для стержня. Демонтируют обмотки.	Извлекают шпильки из ярма. Маркируют балку надписью «сторона ВН» или «сторона НН». Расшихтовывают, вынимая по 2-3 пластины, не перемешивая, связывают в пакет. Укладка пластин после ремонта должна соответствовать заводской.
Замена изоляции стяжных шпилек	Бумажно-бакелитовую трубку изготавливают из кабельной бумаги толщиной 0,12 мм и при намотке на шпильку пропитывают бакелитовым лаком, затем запекают. Изолирующие шайбы и прокладки изготавливают из электрокартона ЭМ толщиной не менее 2 мм. Проверяют изоляцию стяжных шпилек, накладок и ярмовых балок, мегаомметром 1000 и 2500 В.	Толщина стенок изоляционных трубок, мм для диаметров шпилек, мм: 12-25. . . . .2-3 25-50. . . . .3-4 Более 50. . . . .5-6 Диаметр изолирующей шайбы должен быть на 3-5 мм больше диаметра нажимной. Сопротивление изоляции стяжных шпилек должно быть не ниже 10 МОм.
Удаление старой изоляции листов стали	Удаляют старую изоляцию стальными щетками или кипятичением листов в воде, если они покрыты бумажной изоляцией	Можно применять обжиг листов с равномерным нагревом при температуре 250-300 °С в течение 3 минут
Изолирование листов	Допускают изолирование	Используют смесь из 90

	пластин через одну. Новый слой лака наносят пульверизатором. Сушат 6-8 часов при температуре 20-30 °С.	% лака 202 и 10 % чистого керосина или глифталевого лака 1154 и растворителей (бензина и бензола). Можно применять зеленую эмаль МТЗ.
При ремонтах после «пожара стали» изготавливают новые листы стали	Листы раскраивают так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката. Отверстие для стяжных шпилек делают только штампом.	Сверление не допускается
Измерение сопротивления изоляции	Сопротивление межлистовой изоляции измеряют методом амперметра-вольтметра	Сопротивление не должно отличаться от заводских данных более, чем в 2 раза.

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 13

1. Тема: изучение схемы реверсивного пуска двигателей.

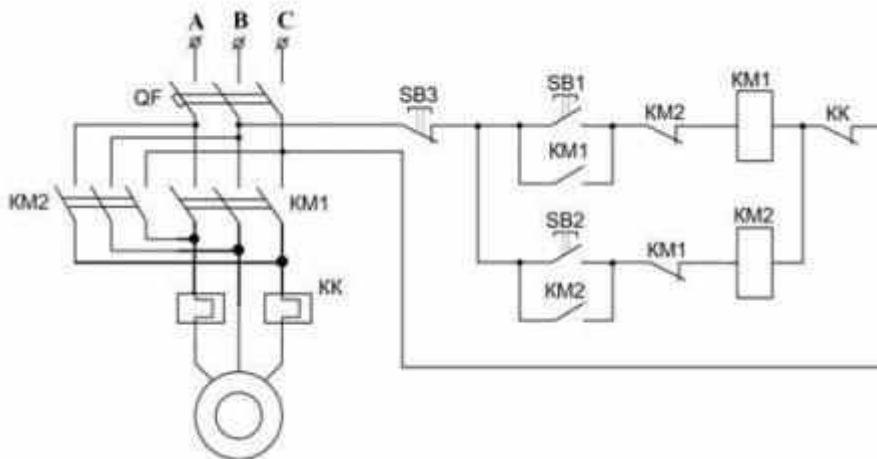
. Цель: изучить схемы реверсивного пуска двигателей.

3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

Для того, чтобы изменить направление вращения вала на противоположное, в обязательном порядке должно быть изменено расположение фаз напряжения, которое подается при питании асинхронного двигателя. Именно для этого и применяется схема реверсивного пуска двигателя, позволяющая полностью выполнить эту функцию.



Кроме того, необходимо осуществлять постоянный контроль над значением напряжения, подводимого к двигателю, а также за напряжением, поступающим к катушкам контакторов. Именно контакторы непосредственно участвуют в организации реверсивного движения вала. При срабатывании первого контактора, фазы будут располагаться совершенно иначе, нежели при включении второго контактора.

### Управление реверсивным пуском

Управление катушками обоих контакторов осуществляется тремя кнопками с наименованиями «стоп», «вперед» и «назад». Эти кнопки позволяют связать расположение фаз с питанием контакторных катушек. В зависимости от очередности включения, контакторы производят замыкание электрической цепи таким образом, что вращение вала будет происходить в ту или иную сторону. Кнопка «назад» может не удерживаться, поскольку катушка сама принимает нужное положение благодаря функции самоподхвата. На всех трех кнопках имеется блокировка, которая исключает возможность их одновременного нажатия. В такой ситуации велика вероятность выхода из строя электрической части оборудования. Поэтому, для блокировки кнопок используется специальный блок-контакт, расположенный внутри соответствующего контактора.

Асинхронные двигатели являются основными преобразователями электрической энергии в механическую и составляют основу электропривода большинства механизмов, используемых во всех отраслях народного хозяйства. Принцип действия асинхронного двигателя основан на создании вращающегося магнитного поля при питании обмотки статора трехфазным током. Если скорость ротора меньше скорости вращения магнитного поля, то силовые линии вращающегося магнитного поля будут пересекать проводники обмотки ротора и индуцировать в них ЭДС. Поскольку обмотка ротора замкнута, то в проводниках будут протекать токи. На проводники с током, находящиеся в магнитном поле, действуют электромагнитные силы, направление которых определяется правилом левой руки. Суммарное усилие, приложенное ко всем проводникам ротора, образует электромагнитный момент, который увлекает ротор за вращающимся магнитным полем. Но этот момент возникает только тогда, когда скорость ротора не равна скорости вращения поля, т. е. синхронной скорости. Поэтому машина называется асинхронной, что означает «несинхронная».

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 14

1. Тема: схема пуска трехфазного асинхронного двигателя включением на пусковую схему «звезда» с переключением на рабочую схему «треугольник»

2. Цель: изучить схему пуска трехфазного асинхронного двигателя включением на пусковую схему «звезда» с переключением на рабочую схему «треугольник»

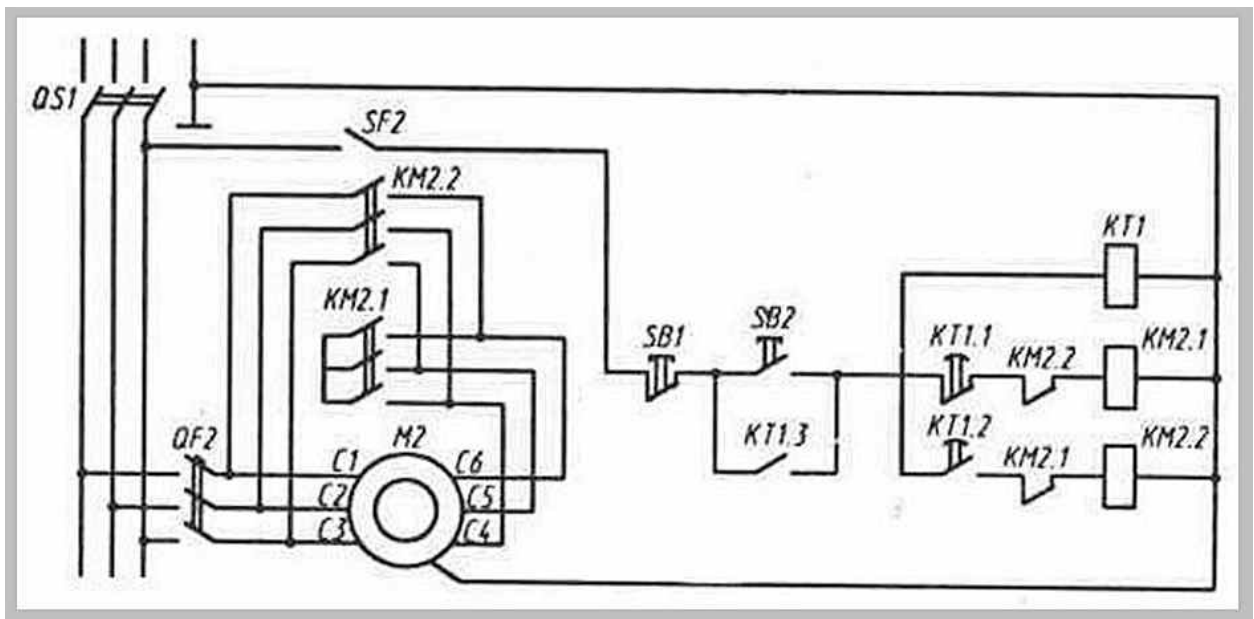
3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

Перед пуском двигателя включаются выключатели QS1, QF2 и SF2. При нажатии на кнопку SB2 включается пускатель KM2.1, соединяющий концы фазных обмоток двигателя в звезду. Одновременно включается реле времени KT1, замыкая контакт KT1.3, шунтирующий контакты кнопки SB2. С выдержкой времени, необходимой для разгона двигателя, отключается контакт KT1.1 реле времени, отключая пускатель KM2.1, и включается контакт KT1.2, включающий пускатель KM2.2, переключающий концы фазных обмоток двигателя на треугольник, и двигатель продолжает работать.

Так как при пуске двигателя при подключении по схеме звезда фазное напряжение обмотки уменьшается в  $3^{0.5}$  раз по сравнению со схемой треугольник, то фазные токи также уменьшаются в  $3^{0.5}$  раз, которые равны линейным токам при этой схеме. Но при схеме треугольник, являющейся рабочей в данном случае, фазные токи меньше линейных в  $3^{0.5}$  раз, а при пусковой схеме звезда получается еще уменьшение фазных токов в  $3^{0.5}$  раз, и в результате линейные токи, равные фазным при пусковой схеме звезда, уменьшаются в 3 раза. После разгона двигателя обмотка его статора переключается на нормальную схему треугольник, поэтому схема пуска двигателя кратко называется схемой пуска переключением со звезды на треугольник плавного пуска двигателя.



### 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

#### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

1. Тема: схема пуска синхронного генератора при помощи пускового двигателя
2. Цель: изучить схему пуска синхронного генератора при помощи пускового двигателя
3. Оснащение: методические указания.
4. Порядок выполнения работы.

#### 4.1 Краткие теоретические сведения

Синхронный генератор работает следующим образом. Ротор генератора приводится во вращение первичным двигателем с номинальной скоростью, которая поддерживается постоянной при помощи автоматического регулятора скорости первичного двигателя. Генератор возбуждают, подавая ток возбуждения/в обмотку ротора. Если к зажимам работающего синхронного генератора присоединить внешнюю нагрузку, то в обмотке статора появится ток, который создаст свое магнитное поле, называемое потоком обмотки статора. Этот поток делится на две части. Одна часть (поток рассеяния), замыкаясь вокруг проводников статора через его воздушный зазор и пакет, обуславливает возникновение дополнительного индуктивного сопротивления обмотки статора. Другая часть потока, замыкаясь через воздушный зазор и полюсы ротора, образует вращающееся магнитное поле статора, подобное вращающемуся полю статора асинхронного электродвигателя. Скорость вращения магнитного поля статора будет равна скорости вращения магнитного поля ротора, иначе говоря, эти поля будут вращаться с одинаковой (синхронной) скоростью.

В синхронном генераторе, работающем под нагрузкой, магнитное поле статора, накладываясь на основное магнитное поле ротора, создаваемое обмоткой возбуждения, ослабляет или усиливает его. Воздействие намагничивающей силы якоря на магнитное поле возбуждения ротора генератора называется реакцией якоря.

Реакция якоря может быть поперечной или продольной. При поперечной реакции поле статора размагничивает набегающий край полюсов и намагничивает сбегающий край полюсов. Продольная реакция может быть продольно-размагничивающей или продольно-намагничивающей. В первом случае магнитный поток якоря направлен навстречу потоку полюсов вдоль их оси, во втором случае согласно потоку полюсов также вдоль их оси.

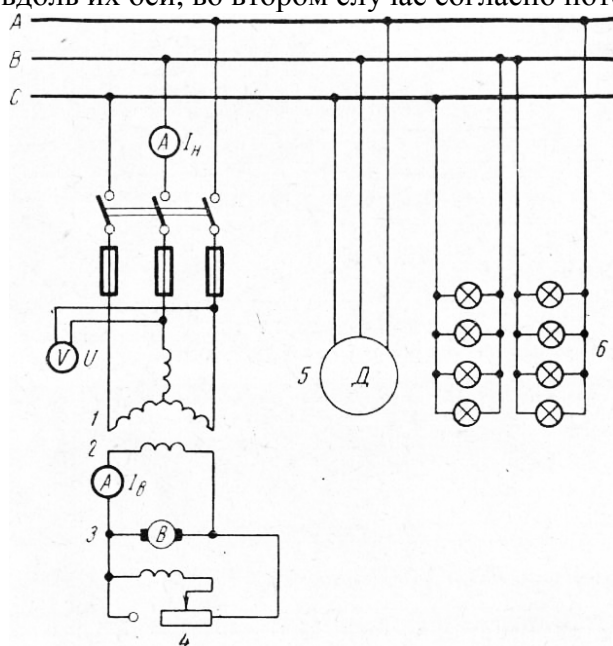


Рис. 1. Схема включения синхронного генератора в сеть с нагрузкой: 1 — статор, 2 — ротор, 3 — возбудитель, 4 — шунтовой регулятор, 5 — электродвигатель, 6 — лампы

Реакция якоря зависит от характера нагрузки и оказывает большое влияние на работу синхронного генератора. При чисто активной нагрузке реакция якоря будет поперечной, а при чисто индуктивной и чисто емкостной нагрузках — соответственно продольно-размагничивающей и продольно-намагничивающей. Обычно генераторы работают на смешанную нагрузку, чаще всего на индуктивную и активную.

Регулирование тока в обмотке возбуждения (в обмотке индуктора) генератора осуществляют при помощи шунтового регулятора (реостата), включенного в цепь возбуждения возбудителя. Изменяя напряжение возбудителя, можно изменять силу тока в индукторе генератора. Сущность данного способа регулирования заключается в том, что изменение тока в обмотке возбуждения ротора вызывает изменение э. д. е., индуцируемой в обмотке статора. При этом с уве-

личением тока в обмотке возбуждения э. д. е., индуктируемая в обмотке статора, также увеличивается. Необходимость регулирования тока возбуждения вызывается частыми изменениями характера и величины нагрузки.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

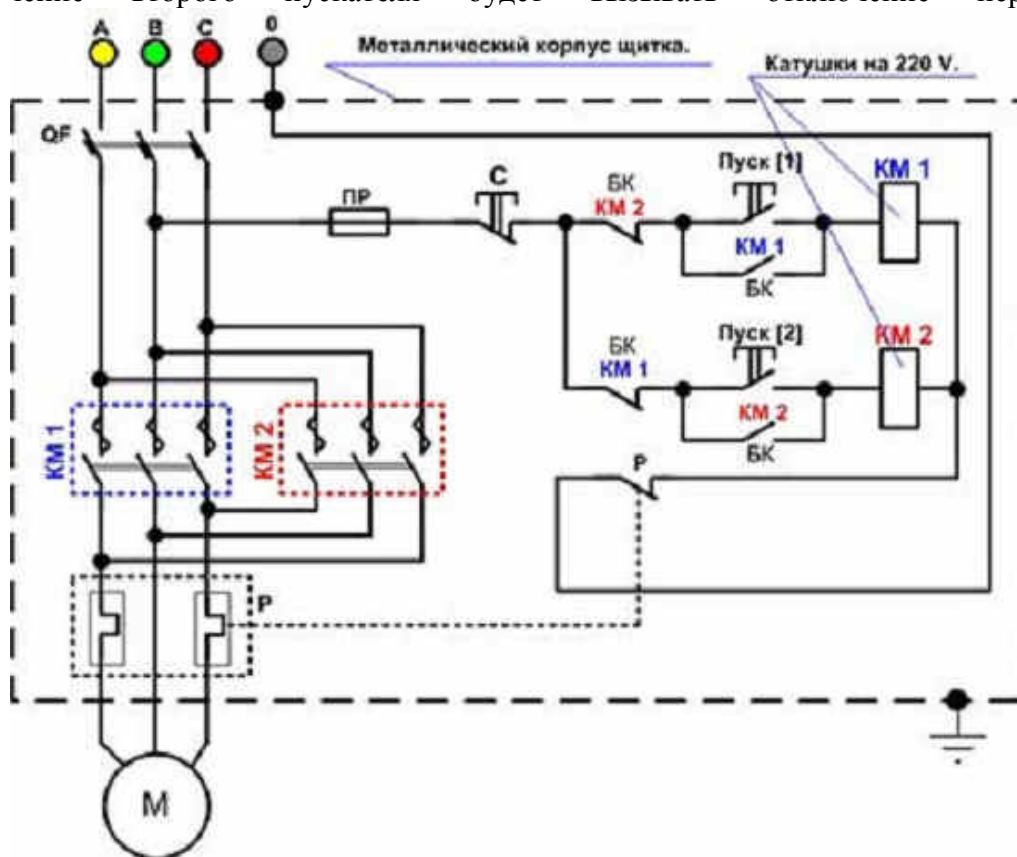
6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 17

- 1.Тема: изучение схемы подключения реверсивного магнитного пускателя
- 2.Цель: изучить схему подключения реверсивного магнитного пускателя
3. Оснащение: методические указания.
- 4 Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

Перед тем, как подключить реверсивный магнитный пускатель, необходимо разобраться в составных элементах предполагаемой цепи. Для реверсирования двигателя необходимо два магнитных пускателя и три управляющие кнопки. Магнитные пускатели устанавливаются рядом друг с другом. Для большей наглядности условно отметим их питающие клеммы цифрами 1–3–5, а те, к которым подключен двигатель как 2–4–6. Для реверсивной схемы управления пускатели соединяются так: клеммы 1, 3 и 5 с соответствующими номерами соседнего пускателя. А «выходные» контакты перекрестно: 2 с 6, 4 с 4, 6 с 2. Провод, питающий электродвигатель, подключается к трем клеммам 2, 4, 6 любого пускателя. При перекрестной схеме подключения одновременное срабатывание обоих пускателей приведет к короткому замыканию. Поэтому проводник «блокирующей» цепи каждого пускателя должен проходить сначала через замкнутый управляющий контакт соседнего, а потом – через разомкнутый своего. Тогда включение второго пускателя будет вызывать отключение первого и наоборот.



### 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

#### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

- 6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)



## Практическое занятие № 18

1.Тема: изучение схемы подключения нереверсивного магнитного пускателя

2.Цель: изучить схему подключения нереверсивного магнитного пускателя

3. Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы.

4.1 Краткие теоретические сведения

Схема состоит:

QF - автоматического выключателя;

KM1 - магнитного пускателя;

P - теплового реле;

M - асинхронного двигателя;

ПП - предохранителя;

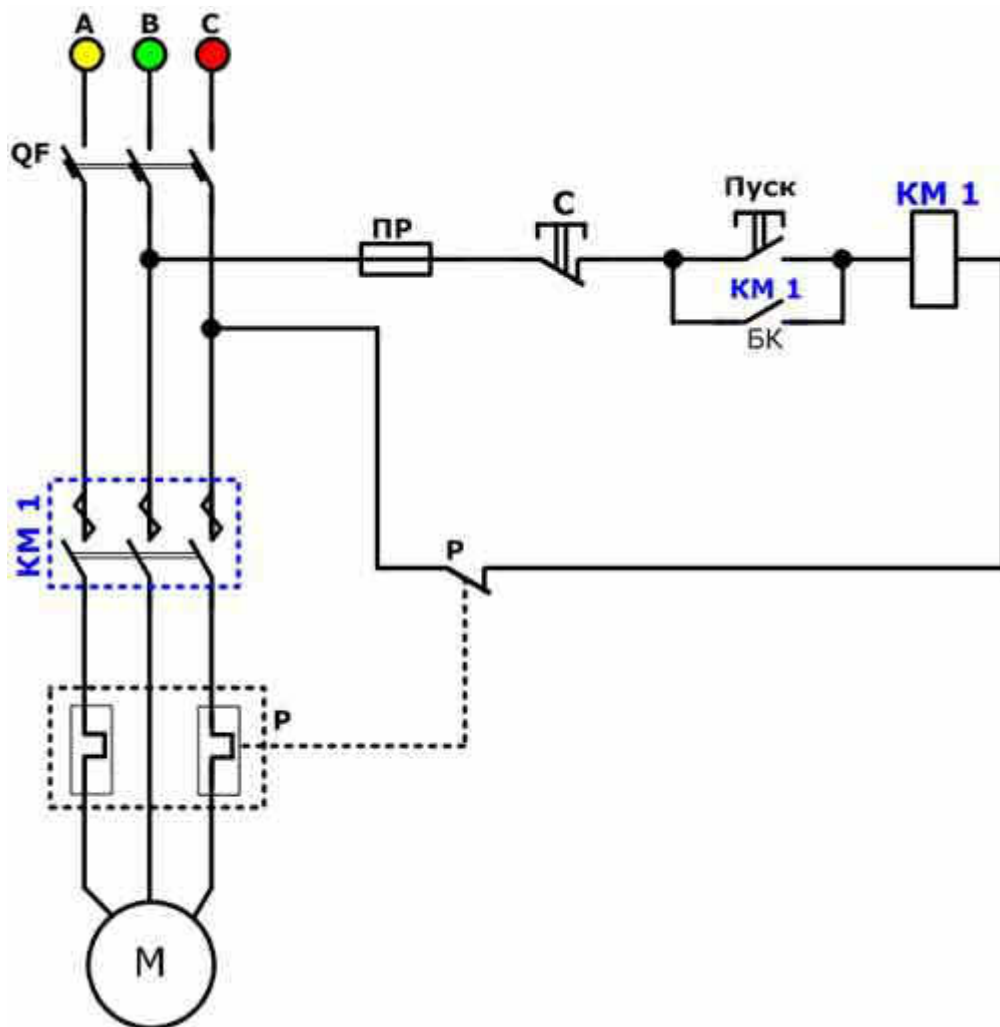
(С-стоп, Пуск) - кнопки управления

Рассмотрим работу схемы в динамике. Включаем питание QF - автоматическим выключателем, нажимаем кнопку «Пуск» своим нормально разомкнутым контактом подает напряжение на катушку KM1 - магнитного пускателя.

KM1 – магнитный пускатель срабатывает и своими нормально разомкнутыми, силовыми контактами подает напряжение на двигатель. Для того чтобы не удерживать кнопку «Пуск», чтобы двигатель работал, нужно ее зашунтировать, нормально разомкнутым блок контактом KM1 – магнитного пускателя. При срабатывании пускателя блок контакт замыкается и можно отпустить кнопку «Пуск» ток побежит через блок контакт на KM1 - катушку.Такую схему называют схемой самоблокировки. Она обеспечивает так называемую нулевую защиту электродвигателя. Если в процессе работы электродвигателя напряжение в сети исчезнет или значительно снизится (обычно более чем на 40% от номинального значения), то магнитный пускатель отключается и его вспомогательный контакт размыкается.

После восстановления напряжения для включения электродвигателя необходимо повторно нажать кнопку «Пуск». Нулевая защита предотвращает непредвиденный, самопроизвольный пуск электродвигателя, который может привести к аварии. Аппараты ручного управления (рубильники, конечные выключатели) нулевой защитой не обладают, поэтому в системах управления станочным приводом обычно применяют управление с использованием магнитных пускателей. Для отключения электродвигателя достаточно нажать кнопку SB1 «Стоп». Это приводит к размыканию цепи самопитания и отключению катушки магнитного пускателя.

Отключаем двигатель, нажимаем кнопку «С – стоп», нормально замкнутый контакт размыкается и прекращается подача напряжение к KM1 – катушке, сердечник пускателя под действием пружин возвращается в исходное положение, соответственно контакты возвращаются в нормальное состояние, отключая двигатель. При срабатывании теплового реле - «Р», размыкается нормально замкнутый контакт «Р», отключение происходит аналогично.



5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

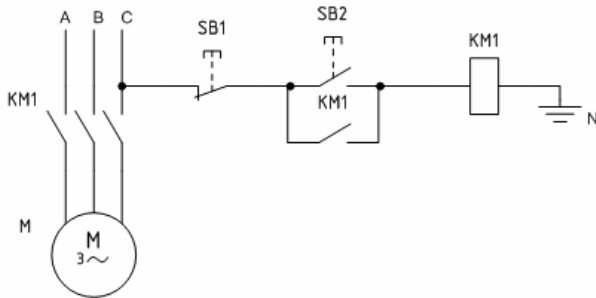
6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 19

- 1.Тема: схема управления двигателем с помощью магнитного пускателя
- 2.Цель: изучить схему управления двигателем с помощью магнитного пускателя
3. Оснащение: методические указания.
- 4 Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

Схема показана на рисунке.



При нажатии на кнопку SB2 "Пуск" на катушка пускателя попадает под напряжение 220 В, т.к. она оказывается включенной между фазой С и нулем (N). Подвижная часть пускателя притягивается к неподвижной, замыкая при этом свои контакты. Силовые контакты пускателя подают напряжение на двигатель, а блокировочный замыкается параллельно кнопке "Пуск". Благодаря этому при отпускании кнопки катушка пускателя не теряет питание, т.к. ток в этом случае идет через блокировочный контакт.

Если бы блокировочный контакт не был бы подключен параллельно кнопке (по какой-либо причине отсутствовал), то при отпускании кнопки "Пуск" катушка теряет питание и силовые контакты пускателя размыкаются в цепи двигателя, после чего он отключается. Такой режим работы называют "толчковым". Применяется он в некоторых установках, например в схемах кран-балок.

Остановка работающего двигателя после запуска в схеме с блокировочным контактом выполняется с помощью кнопки SB1 "Стоп". При этом, кнопка создает разрыв в цепи, магнитный пускатель теряет питание и своими силовыми контактами отключает двигатель от питающей сети.

В случае исчезновения напряжения по какой-либо причине магнитный пускатель также отключается, т.к. это равносильно нажатию на кнопку "Стоп" и созданию разрыва цепи. Двигатель останавливается и повторный запуск его при наличии напряжения возможен только при нажатии на кнопку SB2 "Пуск". Таким образом, магнитный пускатель обеспечивает т.н. "нулевую защиту"

### 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

#### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

- 6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 20

1.Тема: изучение схемы асинхронного двигателя с фазным ротором. Принцип пуска двигателя в две ступени

2.Цель: изучить схему асинхронного двигателя с фазным ротором. Принцип пуска двигателя в две ступени

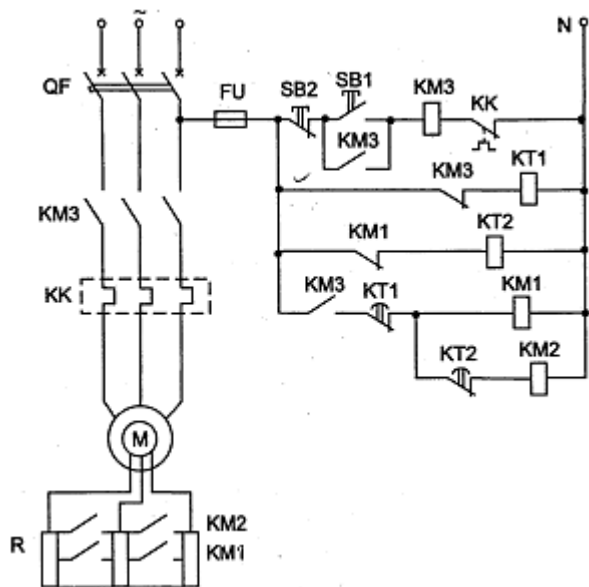
3. Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы.

4.1 Краткие теоретические сведения

Пуск двигателя с фазным ротором осуществляется с введенными резисторами в цепи ротора. Резисторы в цепи ротора служат для ограничения токов не только в процессе пуска, но и при реверсе, торможении, а также при снижении скорости. По мере разгона двигателя для поддержания ускорения привода резисторы выводятся. Когда пуск закончится, резисторы полностью шунтируются, и двигатель перейдет работать на естественную механическую характеристику.

На рис. приведена схема асинхронного двигателя с фазным ротором, где с помощью релейно-контакторной аппаратуры осуществляется пуск двигателя в две ступени, причем напряжение подается одновременно на силовые цепи и цепи управления с помощью выключателя QF.



Управление двигателем осуществляется в функции времени. При подаче напряжения в цепь управления реле времени КТ1, КТ2 срабатывают и размыкают свои контакты. Далее нажимается кнопка SB1. Это приводит к срабатыванию контактора КМ3 и пуску двигателя с резисторами, введенными в цепи ротора, так как контакторы КМ1 и КМ2 питания не получают. При включении контактора КМ3 реле КТ1 теряет питание и замыкает свой контакт в цепи контактора КМ1 через промежуток времени, равный выдержке времени реле КТ1. По истечении указанного времени включается контактор КМ1, шунтирующий первую пусковую ступень резисторов. Одновременно размыкающий контакт КМ1 в цепи реле КТ2 размыкается, реле КТ2 теряет питание и с выдержкой времени замыкает свой контакт в цепи контактора КМ2, который срабатывает через промежуток, равный выдержке времени реле КТ2, и шунтирует вторую ступень резисторов в цепи ротора.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

1.Тема: изучение схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором в функции тока

2.Цель: изучить схему управления асинхронным двигателем с фазным ротором в функции тока

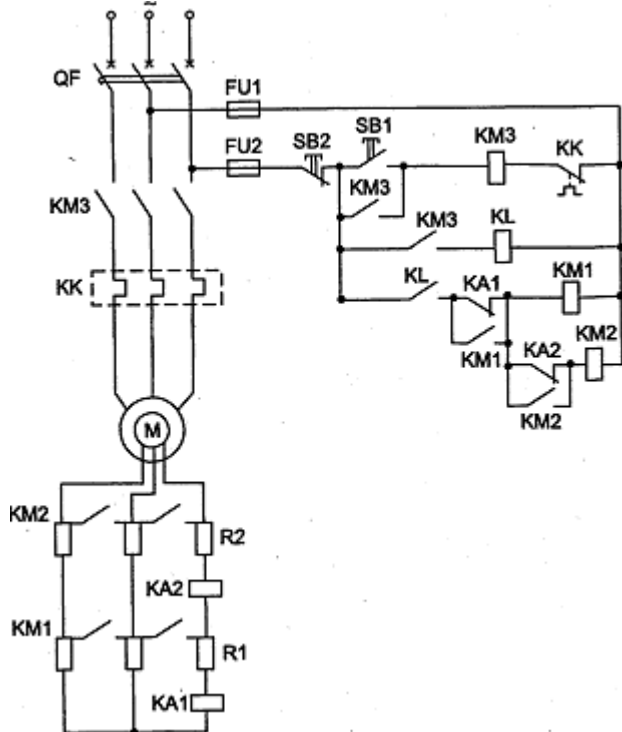
3. Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы.

#### 4.1 Краткие теоретические сведения

Для контроля пуска по току применяют токовые реле, которые срабатывают при пусковом токе и отпадают при минимальном токе переключения. Схема предусматривает пуск двигателя и его защиту без реверсирования и торможения. Пуск двигателя осуществляется при включении в цепь автоматического выключателя QF и контактора KM3, причем в цепь ротора полностью введены пусковые резисторы. Блокировочные контакты контактора KM3 шунтируют кнопку SB1 и создают цепь питания блокировочного реле KL. Замыкающий контакт реле KL подает питание на контакторы ускорения KM1, KM2. Собственное время срабатывания реле тока КА1 и КА2 меньше, чем соответствующих контакторов KM1 и KM2, поэтому реле тока срабатывает раньше, чем соответствующий контактор ускорения, и пуск двигателя осуществляется с резисторами, введенными в цепь ротора.

При пусковом токе реле тока КА1 срабатывает и размыкает свой контакт в цепи контактора KM1. По мере разгона двигателя ток ротора уменьшается. При токе переключения реле КА1 отпадает и контакт КА1 в цепи контактора KM1 замыкается, что приводит к срабатыванию контактора KM1, который своими контактами шунтирует первую ступень пускового резистора и реле КА1. Одновременно замыкается блокировочный контакт KM1, что ставит катушку контактора KM1 на самопитание при размыкании контакта КА1. При шунтировании первой пусковой ступени резистора ток возрастает до максимального значения, что приводит к срабатыванию реле КА2, препятствуя включению контактора KM2. По мере разгона двигателя ток снова уменьшается до минимального значения, реле КА2 отпадает, размыкающий контакт КА2 замыкается, создавая цепь питания катушки KM2. При этом шунтируется вторая ступень пускового резистора. Остановить двигатель можно нажатием кнопки SB2 «Стоп», в результате чего обесточивается контактор KM3 и двигатель отключается от сети.



#### 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

##### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

1.Тема: выбор и проверка основных средств защиты электрооборудования 2.Цель: изучить выбор и проверку основных средств защиты электрооборудования

3. Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы.

#### 4.1 Краткие теоретические сведения

К коммутационным аппаратам выше 1000 В относятся высоковольтные выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, отделители и короткозамыкатели. Все эти аппараты имеют свои назначения и области применения и, как следствие, к ним предъявляют соответствующие требования. Все данные аппараты должны удовлетворять условиям длительной работы, режиму перегрузки и режиму возможных коротких замыканий. Аппараты должны соответствовать условиям окружающей среды (открытая или закрытая установка, температура, запыленность, влажность и другие показатели окружающей среды). Как правило, все элементы системы электроснабжения выбираются по номинальным параметрам и проверяются по устойчивости при сквозных токах короткого замыкания и перенапряжениях.

Номинальное напряжение аппарата соответствует классу его изоляции. Всегда имеется запас электрической прочности, оговариваемый техническими условиями на изготовление и позволяющий аппарату работать длительное время при напряжении 10-15 % выше номинального (максимальное рабочее напряжение аппарата). Отклонение напряжения на практике обычно не превышают этих величин. Поэтому при выборе аппарата достаточно соблюсти условие:

$$U_{\text{ном.а.}} \geq U_{\text{ном.с.}}$$

где  $U_{\text{ном.а.}}$  – номинальное напряжение аппарата;

$U_{\text{ном.с.}}$  – номинальное напряжение сети.

При протекании номинального тока при номинальной температуре окружающей среды аппарат может работать неопределенно долго без допустимого перегрева. Поэтому аппарат надлежит выбирать так, чтобы максимальный действующий рабочий ток цепи не превышал номинального тока, указанного в паспорте аппарата (расчетная температура окружающей среды принята +35<sup>0</sup>С).

$$I_{\text{раб.мах}} \leq I_{\text{ном.а.}}$$

где  $I_{\text{ном.а.}}$  – номинальный ток аппарата;

$I_{\text{раб.мах}}$  –наибольший ток утяжеленного режима.

Аппараты, выбранные по номинальному напряжению и номинальному току, подлежат проверке на термическую и динамическую стойкость при токах короткого замыкания. Ниже рассматриваются условия выбора и проверки для конкретного высоковольтного оборудования.

#### *Выбор и проверка высоковольтных выключателей.*

Высоковольтный выключатель – коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения цепей высокого напряжения, как в нормальном, так и в аварийном режимах. В пределах одного РУ рекомендуется применять однотипные выключатели.

В распределительных устройствах 6 – 10 кВ применяют маломасляные подвесные выключатели с пружинными и электромагнитными приводами, а также элегазовые, бесконтактные, вакуумные и другие выключатели.

Выбор высоковольтных выключателей осуществляется по условиям  $U_{\text{нв}} \geq U_{\text{нс}}$  :

- по электродинамической стойкости при токах короткого замыкания (выключатель проверяется по одному из условий):

$$I_{\text{п0}} \leq I_{\text{дин}} \text{ или } i_{\text{уд}} \leq i_{\text{т.дин}}$$

где  $I_{\text{п0}}$  – действующее значение периодической составляющей начального тока короткого замыкания, кА;

$I_{\text{дин}}$  ,  $i_{\text{т.дин}}$  – действующее значение периодической составляющей и амплитудное значение полного тока электродинамической стойкости выключателя, кА;

$i_{\text{уд}}$  – ударный ток короткого замыкания, кА.

- по отключающей способности на возможность отключения симметричного тока:

$$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{откл.ном}}$$

где  $I_{nr}$  – периодическая составляющая тока короткого замыкания в момент расхождения контактов выключателя,  $кА$ ;

$I_{откл.ном}$  – номинальный ток отключения выключателя,  $кА$ .

Расчетное время отключения выключателя  $\tau$  определяется в соответствии с выражением:

$$\tau = t_{р.з.} + t_{о.с.}$$

где  $t_{р.з.}$  – время срабатывания релейной защиты ( $0,1 + \Delta t_c$  для каждой из последующих ступеней,  $\Delta t_c \approx 0,3 - 0,5$  с, с);

$t_{о.с.}$  – время отключения выключателя,  $с$ .

- по термической стойкости проверка осуществляется по расчетному импульсу квадратичного тока КЗ:

$$B_k \leq I_T^2 t_T$$

где  $B_k$  – расчетный импульс квадратичного тока короткого замыкания,  $кА^2 \cdot с$ ;

$I_T$  – ток термической стойкости выключателя,  $кА$ ;

$t_T$  – длительность протекания тока термической стойкости,  $с$ .

При удаленном коротком замыкании значение теплового импульса тока короткого замыкания  $B_k$  может определяться по формуле:

$$B_k = I_{n0}^2 (\tau + T_a)$$

где  $\tau$  – расчетное время отключения выключателя,  $с$ ;

$T_a$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей,  $с$ .

Значение постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ зависит от места короткого замыкания.

*Выбор и проверка разъединителей, отделителей и короткозамыкателей.*

Разъединитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрических цепей высокого напряжения при отсутствии в них тока и для создания видимого разрыва цепи. ПУЭ допускает производство некоторых операций разъединителями при протекании небольших токов. Короткозамыкатели и отделители – это специальные разъединители, имеющие автоматически действующие привода. При выборе типа этих аппаратов необходимо учитывать род установки и конструктивное исполнение. *Выбор и проверка выключателей нагрузки и предохранителей.*

В целях снижения стоимости распределительного устройства 6 – 10  $кВ$  подстанции вместо силовых выключателей небольшой и средней мощности можно применять выключатели нагрузки, способные отключать рабочие токи линий, трансформаторов и других электроприемников. Для отключения токов короткого замыкания, превышающих допустимые значения для выключателей нагрузки, последние комплектуются кварцевыми предохранителями ПКТ. Такой комплект получил название ВНП. При проектировании необходимо учитывать, что при каждом отключении выключателя нагрузки происходит износ газогенерирующих дугогасящих вкладышей, ограничивающих число допустимых отключений. Аппараты ВНП могут применяться для присоединения трансформаторов мощностью до 1600  $кВ \cdot А$ , батареи конденсаторов до 400  $квар$ . Рекомендуется установка выключателя нагрузки после предохранителя, считая по направлению тока от источника питания, что следует иметь в виду при вычерчивании однолинейной схемы соединений подстанции. Выбор выключателей нагрузки производится по тем же условиям, что и разъединителей. При выборе аппаратов ВНП в РУ 6 – 10  $кВ$  необходимо учитывать недостаточную чувствительность предохранителей к перегрузкам. В ОРУ 35 – 110  $кВ$  возможно применение стреляющих предохранителей. Мощность трансформаторов, защищаемых стреляющими предохранителями, ограничена значениями 4000 – 6300  $кВ \cdot А$ . В закрытых помещениях установка их не допускается. При выборе предохранителей следует обратить особое внимание на то, что их можно применять лишь в сетях и электроустановках с напряжением, соответствующим номинальному напряжению предохранителя. Применение предохранителей с номинальным напряжением, отличным (большим или меньшим) от номинального напряжения сети, не допускается. Условия выбора предохранителей приведены в таблице 6.7, в ней  $I_{откл.ном}$  – предельный (наибольший) ток отключения предохранителя,  $А$ .

Номинальные токи плавких вставок предохранителей ПК следует выбирать так, чтобы не возникало ложное срабатывание предохранителя вследствие толчков тока при включении трансформатора на небольшую нагрузку, а также при включении электродвигателей или батарей конденсаторов. Для выполнения этого условия ток плавкой вставки выбирается в 1,4 – 2,5 раза больше номинального тока защищаемого электроприемника.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)



## Практическое занятие № 23

1. Тема: методы подсчета нагрузок и определения мощности подстанций

2. Цель: изучить методы подсчета нагрузок и определения мощности подстанций. 3. Оснащение: методические указания.

4. Порядок выполнения работы.

4.1 Краткие теоретические сведения

По номинальной мощности и коэффициенту использования.

Метод определения расчетных нагрузок по номинальной мощности и коэффициенту использования применяется, как правило, для индивидуальных ЭП напряжением до 1 кВ, работающих в длительном режиме (ПВ=1).

По данному методу расчетные нагрузки принимаются равными средним значениям нагрузок за наиболее загруженную смену:

- расчетная активная мощность, потребляемая одним ЭП, при наличии графика нагрузки по активной мощности

$$P_p = P_{с.м.}, \quad (1.1)$$

где  $P_p$  – расчетная активная мощность, кВт;

$P_{с.м.}$  – среднее значение активной мощности ЭП за наиболее загруженную смену, кВт;

- расчетная активная мощность, потребляемая одним ЭП, при отсутствии графика нагрузки по активной мощности

$$P_p = k_{и.а.} P_n, \quad (1.2)$$

где  $k_{и.а.}$  – коэффициент использования активной мощности электроприемником за рассматриваемый промежуток времени (технологический параметр), о.е.;

$P_n$  – номинальная активная мощность ЭП, кВт;

- расчетная реактивная мощность, потребляемая одним ЭП, при наличии графика нагрузки по реактивной мощности

$$Q_p = Q_{с.м.}, \quad (1.3)$$

где  $Q_p$  – расчетная реактивная мощность, кВ·Ар;

$Q_{с.м.}$  – среднее значение реактивной мощности ЭП за наиболее загруженную смену, кВ·Ар;

- расчетная реактивная мощность, потребляемая одним ЭП, при отсутствии графика нагрузки по реактивной мощности

$$Q_p = k_{и.р.} Q_n = P_p \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (1.4)$$

где  $k_{и.р.}$  – коэффициент использования реактивной мощности ЭП за рассматриваемый промежуток времени (технологический параметр), о.е.;

$Q_n$  – номинальная реактивная мощность ЭП, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi_n$  – номинальное значение коэффициента реактивной мощности, соответствующий  $\cos \varphi_n$  ЭП;

- расчетная полная мощность, потребляемая одним ЭП

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.5)$$

где  $S_p$  – расчетное значение полной мощности ЭП, кВ·А;

- расчетное значение тока ЭП

$$i_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}, (1.6)$$

где  $i_p$  – расчетный ток ЭП, А;

$U_H$  – напряжение питания ЭП, кВ.

По данному методу допускается определение расчетных нагрузок группы ЭП напряжением до 1 кВ, связанных технологическим процессом, (например, многодвигательные приводы), а их число, как правило, не более трех-четырех. Режим работы электроприемников данной группы должен быть приведен к длительному режиму (ПВ=1).

Расчетные нагрузки группы ЭП, определяемые по данному методу:

- расчетная активная мощность, потребляемая группой ЭП, при наличии группового графика узла нагрузки по активной мощности

$$P_p = P_{см.}, (1.7)$$

где  $P_p$  – расчетная активная мощность, потребляемая группой ЭП, кВт;

$P_{см.}$  – средняя активная мощность, потребляемая группой ЭП, за наиболее загруженную смену, кВт;

- расчетная активная мощность, потребляемая группой ЭП, при отсутствии группового графика узла нагрузки по активной мощности

$$P_p = \sum_{i=1}^n k_{н.а.i} P_{н.i}, (1.8)$$

где  $k_{н.а.i}$  – коэффициент использования по активной мощности индивидуального ЭП, входящего в группу;

$n$  – число ЭП в группе;

- расчетная реактивная мощность, потребляемая группой ЭП, при наличии группового графика узла нагрузки по реактивной мощности

$$Q_p = Q_{см.}, (1.9)$$

где  $Q_p$  – расчетная реактивная мощность группы ЭП, кВ·Ар;

$Q_{см.}$  – среднее значение реактивной мощности группы ЭП, кВ·Ар;

- расчетная реактивная мощность, потребляемая группой ЭП, при отсутствии группового графика узла нагрузки по реактивной мощности

$$Q_p = \sum_{i=1}^n k_{н.р.i} Q_{н.i} \quad \text{или} \quad Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi, (1.10)$$

где  $k_{н.р.i}$  – коэффициент использования по реактивной мощности индивидуального ЭП, входящего в группу;

$\operatorname{tg} \varphi$  – средневзвешенный коэффициент реактивной мощности, соответствующий средне-

взвешенному значению  $\cos \varphi_{с.вз}$  данной группы ЭП;

- расчетная полная мощность, потребляемая группой ЭП

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} (1.11)$$

где  $S_p$  – расчетная полная мощность узла нагрузки, кВ·А.

- Расчетное значение тока группы ЭП:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} \quad (1.12)$$

где  $I_p$  – суммарный расчетный узла нагрузки, А;

$U_n$  – напряжение питания узла нагрузки, кВ.

По номинальной мощности и коэффициенту спроса.

Для определения расчетных нагрузок по этому методу необходимо знать установленную мощность  $P_{ном}$  группы приемников и коэффициенты мощности  $\cos\phi$  и спроса  $K_c$  данной группы, определяемые по справочным материалам.

Расчетную нагрузку группы однородных по режиму работы приемников определяют по формулам:

$$P_p = K_c \cdot P_{ном}, \quad (1.13)$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg}\phi, \quad (1.14)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1.15)$$

где  $\operatorname{tg}\phi$  соответствует  $\cos\phi$  данной группы приемников.

Расчетную нагрузку узла системы электроснабжения, содержащего группы приемников электроэнергии с различными режимами работы, определяют с учетом разновременности максимумов нагрузки отдельных групп

$$S_p = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{p,i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{p,i}\right)^2} \cdot K_{p,m} \quad (1.16)$$

где  $\sum_{i=1}^n P_{p,i}$  и  $\sum_{i=1}^n Q_{p,i}$  – соответственно сумма расчетных активных и реактивных мощностей отдельных групп электроприемников;

$K_{p,m}$  – коэффициент разновременности максимумов нагрузок отдельных групп приемников.

Значение  $K_{p,m}$  можно приближенно принять равным 0,9. При этом суммарная расчетная нагрузка узла системы электроснабжения не должна быть меньше его средней нагрузки.

Определение расчетной силовой нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса является приближенным методом расчета, поэтому его применение рекомендуют для предварительных расчетов и определение общезаводских нагрузок.

По средней мощности и расчетному коэффициенту (Метод упорядоченных диаграмм).

Метод упорядоченных диаграмм применяется для всех уровней системы электроснабжения и вне зависимости от стадии проектирования. При нахождении электрических нагрузок в сетях напряжением до 1 кВ существует следующий порядок расчета:

1) По расчетному узлу суммируются число силовых электроприемников и их номинальные мощности;

2) Суммируются средние активные и реактивные нагрузки рабочих электроприемников

3) Находится групповой коэффициент использования данного расчетного узла

$$K_{г} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{i,р,ном,i}}{\sum_{i=1}^n P_{i,ном,i}} \quad (1.18)$$

$$k_i = \frac{P_i}{P_{i,ном,i}}$$

где

4) Рассчитывается эффективное число электроприемников узла.

$$n_p = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{\text{искл}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{искл}i}^2} \quad (1.19)$$

5) По справочным кривым или табличным значениям определяются коэффициент расчетной нагрузки и максимальная силовая нагрузка расчетного узла

$$P_p = K_p \cdot P_{\text{ср}} \quad (1.20)$$

Расчетную реактивную нагрузку принимают равной

$$\text{при } n_p < 10 - Q_p = 1,1 Q_{\text{ср},m} = 1,1 P_{\text{ср}}^{\text{ср}}$$

$$\text{при } n_p > 10 - Q_p = Q_{\text{ср},m} = P_{\text{ср}}^{\text{ср}}$$

К расчетным силовым нагрузкам до 1000 В по цеху (трансформатору в целом) добавляются осветительные нагрузки.

По средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней.

По этому методу расчетную нагрузку группы приемников определяют двумя интегральными показателями: средней нагрузкой  $P_{\text{ср},T}$  и среднеквадратичным отклонением  $\sigma_{\text{ср},T}$  из уравнения

$$P_{\text{ср},T} = P_{\text{ср},T} \pm \beta \cdot \sigma_{\text{ср},T} \quad (1.21)$$

где  $\beta$  - принятая кратность меры рассеяния, а индекс  $T$  указывает на отношение величины к длительности интервала осреднения нагрузки.

Для группового графика средняя нагрузка при достаточно большом  $m$  равна

$$P_{\text{ср},T} = \frac{(p_1 + p_2 + \dots + p_m)}{m} \quad (1.22)$$

где  $m$  - число отрезков длительностью  $T=3T0$ , на которое разбит групповой график нагрузки, построенный для достаточно длительного периода времени.

Среднеквадратическое отклонение для группового графика нагрузок определяют по формуле

$$\sigma_{\text{ср},T} = \frac{\sqrt{(p_1 - P_{\text{ср},T})^2 + (p_2 - P_{\text{ср},T})^2 + \dots + (p_m - P_{\text{ср},T})^2}}{m} \quad (1.23)$$

Статистический метод позволяет определять расчетную нагрузку с любой принятой вероятностью ее появления. Применение этого метода целесообразно для определения нагрузок по отдельным группам и узлам приемников электроэнергии напряжением до 1 кВ.

По средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки.

В основе этого метода лежит равенство расчетной и среднеквадратичной нагрузок. Для групп приемников с повторно-кратковременным режимом работы принятое допущение справедливо во всех случаях. Оно приемлемо также для групп приемников с длительным режимом работы, когда число приемников в группе достаточно велико и отсутствуют мощные приемники, способные изменить равномерный групповой график нагрузок.

Расчетную нагрузку группы приемников определяют из выражения

$$P_p = K_{\text{ф},\text{ср}} \cdot P_{\text{ср},m} \quad (1.24)$$

$$Q_p = K_{\text{ф},\text{ср}} \cdot Q_{\text{ср},m} \quad (1.25)$$

$$\text{где } Q_{\text{ср},m} = P_{\text{ср},m}^{\text{ср}}$$

Значения  $K_{\text{ф}}$  достаточно стабильны для цехов и заводов с малоизменяющейся производительностью. Поэтому при проектировании можно пользоваться экспериментальными данными, полученными для аналогичных производств. Обычно коэффициент формы составляет 1-1,2. При этом наименьшие значения соответствуют высшим ступеням системы электроснабжения.

Средние нагрузки за наиболее загруженную смену  $Q_{\text{ср},m}$  и  $P_{\text{ср},m}$  определяют любым из способов: по установленной мощности и коэффициенту использования; по удельному расходу электроэнергии на единицу выпускаемой продукции; в условиях эксплуатации - по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии. [5]

Комплексный метод.

Комплексный метод основывается на том, что любое предприятие, производство, цех описывается числовыми показателями и качественно, и применяется в основном в черной металлургии.

Основные электрические показатели, характеризующие предприятие, включают максимальную мощность  $P_{\max}$ , число часов использования максимума нагрузки  $T_{\max}$ , коэффициент спроса  $K_c$ , число электроприемников  $D$ , среднюю мощность  $P_{\text{ср}}$ , вооруженность труда  $A_t$ , электровооруженность  $A_э$ .

Прогнозирование достоверно для общего электропотребления и числа электродвигателей. Менее достоверны прогнозы  $T_{\max}$ ,  $K_c$ ,  $A_t$ ,  $A_э$ . Модели прогноза и оценка точности определяются методами математической статистики. Для целей прогнозирования перспективным оказалось применение Н-распределения.

Согласно данному методу проектируемому предприятию подбирается предприятие-аналог из банка данных с приблизительно похожими

характеристиками и дальнейшие выводы строятся на показателях данного предприятия. Применение комплексного метода возможно только при наличии достаточно большой базы данных по предприятиям страны.

Использование данного метода возможно на стадии предварительного проектирования.

Подробно комплексный метод изложен в авторском учебнике профессора Кудрина Б.И. [6]

К вспомогательным методам относятся методы определения расчетных электрических нагрузок по удельным показателям:

- метод расчета по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции за определенный период времени;

- метод расчета по удельной мощности на единицу производственной площади.

Метод расчета по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции за определенный период времени.

По данному методу можно определить только среднюю нагрузку за определенный интервал времени (час, смену, сутки, месяц, квартал, год). Расчетное выражение по данному методу имеет вид:

$$P_{\text{ср}} = C_{\text{уд}} \cdot \frac{\Pi}{T} \quad (1.26)$$

где  $\Pi$  – объем выпуска продукции за интервал времени  $T$ ;

$C_{\text{уд}}$  – удельный расход электроэнергии на производство продукции.

Значения  $C_{\text{уд}}$  для ряда электроприемников цехов и предприятий приведены в справочной литературе.

Данный метод подходит только в случае, если известны предприятия, которые будут находиться в поселении. Но это зачастую остается неизвестным. Поэтому этот метод не является универсальным и может быть применен только в совокупности с другими методами расчета электрических нагрузок поселения.

Метод расчета по удельной мощности на единицу производственной площади.

Удельная плотность нагрузки определяется на основании обследования нагрузок цехов действующих промышленных предприятий:

$$S_{\text{уд}} = \frac{S_{\text{max}}}{F_{\text{ц}}} \quad (1.27)$$

где  $S_{\text{max}}$  – максимальная полная нагрузка цеха, которая определяется по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии, снимаемым через 0,5 ч в период максимально загруженной смены;  $\text{kB}\times\text{A}$ ;

$F_{\text{ц}}$  – производственная площадь цеха,  $\text{m}^2$ .

Этот метод расчета был предложен проф. Ю.Л. Мукосеевым для проектирования цехов с часто меняющимся технологическим процессом (механические, сборочные, ткацкие и т.д.). Зная намеченную проектом площадь цеха и значения  $S_{\text{уд}}$ , наблюдаемые на аналогичных действующих предприятиях, можно определить расчетную нагрузку цеха по выражению:

$$S_{\text{р}} = S_{\text{уд}} \cdot F_{\text{ц}} \quad (1.28)$$

Этот метод широко применяется для определения расчетных нагрузок от осветительных электроприемников:

$$P_{\text{р.о}} = P_{\text{уд}} \cdot F_{\text{ц}} \cdot K_{\text{с.о}} \quad (1.29)$$

где  $R_{уд}$  – удельная плотность осветительной нагрузки, кВт/м<sup>2</sup>;

$K_{с.о}$  – коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Данный метод подходит только в случае, если известны предприятия, которые будут находиться в данном поселении. Но это зачастую остается неизвестным, так как на современном уровне развития науки и техники площадь оборудования может кардинально меняться. И расчеты, выполненные на основании обследования нагрузок цехов действующих промышленных предприятий, становятся неприменимыми. Поэтому этот метод не является универсальным и может быть применен только в совокупности с другими методами расчета электрических нагрузок поселения.

### 1.3.3 Метод расчета электрических нагрузок населенного пункта.

Расчет производится с целью определения: расчетной активной мощности дневного и вечернего максимумов нагрузки всех потребителей населенного пункта; расчетной активной мощности дневного и вечернего максимумов нагрузки производственных потребителей населенного пункта; расчетной полной мощности дневного и вечернего максимумов нагрузки всех потребителей населенного пункта.

Значения полной мощности дневного и вечернего максимумов нагрузки каждого потребителя рассчитываются по формуле

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (1.30)$$

Суммарная расчетная мощность дневного и вечернего максимумов нагрузки всех потребителей (коммунально-бытовых и производственных) населенного пункта определяется в следующей последовательности:

1. Для одинаковых производственных потребителей или жилых домов, имеющих одну и ту же расчетную нагрузку, суммарная активная нагрузка дневного и вечернего максимумов определяется по формуле

$$P_n = n \cdot k_o \cdot P \quad (1.31)$$

где  $P_n$  – расчетная нагрузка группы «n» одинаковых потребителей, кВт;

$P$  – расчетная нагрузка одного потребителя, кВт;

$k_o$  – коэффициент одновременности.

2. Расчетная активная мощность дневного максимума нагрузки всех потребителей населенного пункта определяется по формуле

$$P_P = P_B + P_{доб1} + P_{доб2} + P_{доб3} + \dots + P_{доб\ m-1} \quad (1.32)$$

где  $P_B$  – наибольшее значение расчетной мощности дневного максимума нагрузки одного из потребителей или группы одинаковых потребителей, кВт;

$m$  – число потребителей и групп одинаковых потребителей населенного пункта, нагрузки которых суммируются;

$P_{доб1}$ ,  $P_{доб2}$ ,  $P_{доб3}$ , ...,  $P_{доб\ m-1}$  – табличные добавки, определяемые расчетной мощностью дневного максимума нагрузки всех других потребителей и групп одинаковых потребителей (меньшей мощности), кВт.

3. Определяется нагрузка наружного освещения населенного пункта, которая включает нагрузку уличного освещения и нагрузку наружного освещения территории производственных потребителей (хозяйственных дворов):

$$P_{\Sigma HO} = P_{уд\ уО} L_{\Sigma} + P_{HO\ хд} \quad (1.33)$$

где  $P_{\Sigma HO}$  – нагрузка наружного освещения населенного пункта, кВт;

$P_{уд\ уО}$  – удельная нагрузка уличного освещения, Вт/м;

$L_{\Sigma}$  – суммарная длина улиц населенного пункта, м; принимается в соответствии с заданным масштабом по плану населенного пункта;

$P_{HO\ хд}$  – нагрузка наружного освещения территории производственных потребителей (хозяйственных дворов), кВт.

4. Расчетная мощность вечернего максимума нагрузки всех потребителей населенного пункта определяется по формуле

$$P_P = P_B + P_{доб1} + P_{доб2} + P_{доб3} + \dots + P_{доб\ m-1} + P_{\Sigma HO} \quad (1.34)$$

где  $P_B, P_{доб1}, P_{доб2}, P_{доб3}, \dots, P_{доб\ m-1}$  – то же, что и в формуле (1.31), только для вечернего максимума нагрузки потребителей, кВт;

$P_{\Sigma HO}$  – нагрузка наружного освещения населенного пункта, кВт.

5. Расчетная мощность дневного и вечернего максимума нагрузки производственных потребителей населенного пункта определяется аналогично по формулам (1.31)...(1.33), при этом в формуле (1.33) учитывается только нагрузка наружного освещения территории производственной зоны.

## 5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

### 5.1 Индивидуальные задания

#### 6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)

## Практическое занятие № 24

1. Тема: релейная защита эл.установок и электропотребителей напряжением выше 1 кВ
2. Цель: релейная защита эл.установок и электропотребителей напряжением выше 1 кВ
3. Оснащение: методические указания.
4. Порядок выполнения работы.

### 4.1 Краткие теоретические сведения

#### **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

. Электроустановки должны быть оборудованы устройствами релейной защиты, предназначенными для:

а) автоматического отключения поврежденного элемента от остальной, неповрежденной части электрической системы (электроустановки) с помощью выключателей; если повреждение (например, замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью) непосредственно не нарушает работу электрической системы, допускается действие релейной защиты только на сигнал.

б) реагирования на опасные, ненормальные режимы работы элементов электрической системы (например, перегрузку, повышение напряжения в обмотке статора гидрогенератора); в зависимости от режима работы и условий эксплуатации электроустановки релейная защита должна быть выполнена с действием на сигнал или на отключение тех элементов, оставление которых в работе может привести к возникновению повреждения.

3.2.3. С целью удешевления электроустановок вместо автоматических выключателей и релейной защиты следует применять предохранители или открытые плавкие вставки, если они:

- могут быть выбраны с требуемыми параметрами (номинальное напряжение и ток, номинальный ток отключения и др.);
- обеспечивают требуемые селективность и чувствительность;
- не препятствуют применению автоматики (автоматическое повторное включение - АПВ, автоматическое включение резерва - АВР и т. п.), необходимой по условиям работы электроустановки.

При использовании предохранителей или открытых плавких вставок в зависимости от уровня несимметрии в неполнофазном режиме и характера питаемой нагрузки следует рассматривать необходимость установки на приемной подстанции защиты от неполнофазного режима.

3.2.4. Устройства релейной защиты должны обеспечивать наименьшее возможное время отключения КЗ в целях сохранения бесперебойной работы неповрежденной части системы (устойчивая работа электрической системы и электроустановок потребителей, обеспечение возможности восстановления нормальной работы путем успешного действия АПВ и АВР, самозапуска электродвигателей, втягивания в синхронизм и пр.) и ограничения области и степени повреждения элемента.

3.2.5. Релейная защита, действующая на отключение, как правило, должна обеспечивать селективность действия, с тем, чтобы при повреждении какого-либо элемента электроустановки отключался только этот поврежденный элемент.

Допускается неселективное действие защиты (исправляемое последующим действием АПВ или АВР):

- а) для обеспечения, если это необходимо, ускорения отключения КЗ (см. 3.2.4);
- б) при использовании упрощенных главных электрических схем с отделителями в цепях линий или трансформаторов, отключающими поврежденный элемент в бестоковую паузу.

3.2.6. Устройства релейной защиты с выдержками времени, обеспечивающими селективность действия, допускается выполнять, если: при отключении КЗ с выдержками времени обеспечивается выполнение требований 3.2.4; защита действует в качестве резервной (см. 3.2.15).

3.2.7. Надежность функционирования релейной защиты (срабатывание при появлении условий на срабатывание и несрабатывание при их отсутствии) должна быть обеспечена применением устройств, которые по своим параметрам и исполнению соответствуют назначению, а также надлежащим обслуживанием этих устройств.

При необходимости следует использовать специальные меры повышения надежности функционирования, в частности схемное резервирование, непрерывный или периодический контроль состояния и др. Должна также учитываться вероятность ошибочных действий обслуживающего персонала при выполнении необходимых операций с релейной защитой.

3.2.8. При наличии релейной защиты, имеющей цепи напряжения, следует предусматривать устройства:



- автоматически выводящие защиту из действия при отключении автоматических выключателей, перегорании предохранителей и других нарушениях цепей напряжения (если эти нарушения могут привести к ложному срабатыванию защиты в нормальном режиме), а также сигнализирующие о нарушениях этих цепей;

- сигнализирующие о нарушениях цепей напряжения, если эти нарушения не приводят к ложному срабатыванию защиты в условиях нормального режима, но могут привести к излишнему срабатыванию в других условиях (например, при КЗ вне защищаемой зоны).

3.2.9. При установке быстродействующей релейной защиты на линиях электропередачи с трубчатыми разрядниками должна быть предусмотрена отстройка ее от работы разрядников, для чего:

- наименьшее время срабатывания релейной защиты до момента подачи сигнала на отключение должно быть больше времени однократного срабатывания разрядников, а именно около 0,06-0,08 с;

- пусковые органы защиты, срабатывающие от импульса тока разрядников, должны иметь возможно меньшее время возврата (около 0,01 с от момента исчезновения импульса).

3.2.10. Для релейных защит с выдержками времени в каждом конкретном случае следует рассматривать целесообразность обеспечения действия защиты от начального значения тока или сопротивления при КЗ для исключения отказов срабатывания защиты (из-за затухания токов КЗ во времени, в результате возникновения качаний, появления дуги в месте повреждения и др.).

3.2.11. Защиты в электрических сетях 110 кВ и выше должны иметь устройства, блокирующие их действие при качаниях или асинхронном ходе, если в указанных сетях возможны такие качания или асинхронный ход, при которых защиты могут срабатывать излишне.

Допускается применение аналогичных устройств и для линий ниже 110 кВ, связывающих между собой источники питания (исходя из вероятности возникновения качаний или асинхронного хода и возможных последствий излишних отключений).

Допускается выполнение защиты без блокировки при качаниях, если защита отстроена от качаний по времени (выдержка времени защиты - около 1,5-2 с).

3.2.12. Действие релейной защиты должно фиксироваться указательными реле, встроенными в реле указателями срабатывания, счетчиками числа срабатываний или другими устройствами в той степени, в какой это необходимо для учета и анализа работы защит.

3.2.13. Устройства, фиксирующие действие релейной защиты на отключение, следует устанавливать так, чтобы сигнализировалось действие каждой защиты, а при сложной защите - отдельных ее частей (разные ступени защиты, отдельные комплекты защит от разных видов повреждения и т. п.).

3.2.14. На каждом из элементов электроустановки должна быть предусмотрена основная защита, предназначенная для ее действия при повреждениях в пределах всего защищаемого элемента с временем, меньшим, чем у других установленных на этом элементе защит.

3.2.15. Для действия при отказах защит или выключателей смежных элементов следует предусматривать резервную защиту, предназначенную для обеспечения дальнего резервного действия.

Если основная защита элемента обладает абсолютной селективностью (например, высокочастотная защита, продольная и поперечная дифференциальные защиты), то на данном элементе должна быть установлена резервная защита, выполняющая функции не только дальнего, но и ближнего резервирования, т. е. действующая при отказе основной защиты данного элемента или выведении ее из работы. Например, если в качестве основной защиты от замыканий между фазами применена дифференциально-фазная защита, то в качестве резервной может быть применена трехступенчатая дистанционная защита.

Если основная защита линии 110 кВ и выше обладает относительной селективностью (например, ступенчатые защиты с выдержками времени), то:

- отдельную резервную защиту допускается не предусматривать при условии, что дальнее резервное действие защит смежных элементов при КЗ на этой линии обеспечивается;

- должны предусматриваться меры по обеспечению ближнего резервирования, если дальнее резервирование при КЗ на этой линии не обеспечивается.

3.2.16. Для линии электропередачи 35 кВ и выше с целью повышения надежности отключения повреждения в начале линии может быть предусмотрена в качестве дополнительной защиты токовая отсечка без выдержки времени при условии выполнения требований 3.2.26.

3.2.17. Если полное обеспечение дальнего резервирования связано со значительным усложнением защиты или технически невозможно, допускается:

1) не резервировать отключения КЗ за трансформаторами, на реактированных линиях, линиях 110 кВ и выше при наличии ближнего резервирования, в конце длинного смежного участка линии 6-35 кВ;

2) иметь дальней резервирование только при наиболее часто встречающихся видах повреждений, без учета редких режимов работы и при учете каскадного действия защиты;

3) предусматривать неселективное действие защиты при КЗ на смежных элементах (при дальнем резервном действии) с возможностью обесточения в отдельных случаях подстанций; при этом следует по возможности обеспечивать исправление этих неселективных отключений действием АПВ или АВР.

3.2.18. Устройства резервирования при отказе выключателей (УРОВ) должны предусматриваться в электроустановках 110-500 кВ. Допускается не предусматривать УРОВ в электроустановках 110-220 кВ при соблюдении следующих условий:

1) обеспечиваются требуемая чувствительность и допустимые по условиям устойчивости времени отключения от устройств дальнего резервирования;

2) при действии резервных защит нет потери дополнительных элементов из-за отключения выключателей, непосредственно не примыкающих к отказавшему выключателю (например, отсутствуют секционированные шины, линии с ответвлением).

На электростанциях с генераторами, имеющими непосредственное охлаждение проводников обмоток статоров, для предотвращения повреждений генераторов при отказах выключателей 110-500 кВ следует предусматривать УРОВ независимо от прочих условий.

При отказе одного из выключателей поврежденного элемента (линия, трансформатор, шины) электроустановки УРОВ должно действовать на отключение выключателей, смежных с отказавшим.

Если защиты присоединены к выносным трансформаторам тока, то УРОВ должно действовать и при КЗ в зоне между этими трансформаторами тока и выключателем.

Допускается применение упрощенных УРОВ, действующих при КЗ с отказами выключателей не на всех элементах (например, только при КЗ на линиях); при напряжении 35-220 кВ, кроме того, допускается применение устройств, действующих лишь на отключение шиносоединительного (секционного) выключателя.

При недостаточной эффективности дальнего резервирования следует рассматривать необходимость повышения надежности ближнего резервирования в дополнение к УРОВ.

3.2.19. При выполнении резервной защиты в виде отдельного комплекта ее следует осуществлять, как правило, так, чтобы была обеспечена возможность отдельной проверки или ремонта основной или резервной защиты при работающем элементе. При этом основная и резервная защиты должны питаться, как правило, от разных вторичных обмоток трансформаторов тока.

Питание основных и резервных защит линий электропередачи 220 кВ и выше должно осуществляться, как правило, от разных автоматических выключателей оперативного постоянного тока.

3.2.20. Оценка чувствительности основных типов релейных защит должна производиться при помощи коэффициента чувствительности, определяемого:

○ для защит, реагирующих на величины, возрастающие в условиях повреждений, - как отношение расчетных значений этих величин (например, тока, или напряжения) при металлическом КЗ в пределах защищаемой зоны к параметрам срабатывания защит;

○ для защит, реагирующих на величины, уменьшающиеся в условиях повреждений, - как отношение параметров срабатывания к расчетным значениям этих величин (например, напряжения или сопротивления) при металлическом КЗ в пределах защищаемой зоны.

Расчетные значения величин должны устанавливаться, исходя из наиболее неблагоприятных видов повреждения, но для реально возможного режима работы электрической системы.

3.2.21. При оценке чувствительности основных защит необходимо исходить из того, что должны обеспечиваться следующие наименьшие коэффициенты их чувствительности:

1. Максимальные токовые защиты с пуском и без пуска напряжения, направленные и ненаправленные, а также токовые одноступенчатые направленные и ненаправленные защиты, включенные на составляющие обратной или нулевой последовательностей:

○ для органов тока и напряжения - около 1,5;

- для органов направления мощности обратной и нулевой последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

- для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току.

Для максимальных токовых защит трансформаторов с низшим напряжением 0,23-0,4 кВ наименьший коэффициент чувствительности может быть около 1,5.

2. Ступенчатые защиты тока или тока и напряжения, направленные и ненаправленные, включенные на полные токи и напряжения или на составляющие нулевой последовательности:

- для органов тока и напряжения ступени защиты, предназначенной для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии надежно действующей селективной резервной ступени - около 1,3; при наличии на противоположном конце линии отдельной защиты шин соответствующие коэффициенты чувствительности (около 1,5 и около 1,3) для ступени защиты нулевой последовательности допускается обеспечивать в режиме каскадного отключения;

- для органов направления мощности нулевой и обратной последовательности - около 2,0 по мощности и около 1,5 по току и напряжению;

- для органа направления мощности, включенного на полные ток и напряжение, не нормируется по мощности и около 1,5 по току.

3. Дистанционные защиты от многофазных КЗ:

- для пускового органа любого типа и дистанционного органа третьей ступени - около 1,5;

- для дистанционного органа второй ступени, предназначенного для действия при КЗ в конце защищаемого участка, без учета резервного действия - около 1,5, а при наличии третьей ступени защиты - около 1,25; для указанного органа чувствительность по току должна быть около 1,3 (по отношению к току точной работы) при повреждении в той же точке.

4. Продольные дифференциальные защиты генераторов, трансформаторов, линий и других элементов, а также полная дифференциальная защита шин - около 2,0; для токового пускового органа неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения чувствительность должна быть около 2,0, а для первой ступени неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения, выполненной в виде отсечки, - около 1,5 (при КЗ на шинах).

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6. Список литературы

6.1. Воробьев В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учебное пособие для СПО / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2021. — 261 с. — (Профессиональное образование)