

Министерство общего и профессионального образования Ростовской области
НОВОШАХТИНСКИЙ ТЕХНИКУМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ -
филиал Государственного бюджетного профессионального образовательного
учреждения Ростовской области «ШАХТИНСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
КОЛЛЕДЖ ТОПЛИВА И ЭНЕРГЕТИКИ им. ак. Степанова П.И.»

Методические указания по проведению практических занятий
по **МДК. 01.02 Электроснабжение** для обучающихся очной формы обучения
для специальности **13.02.11** Техническая эксплуатация и обслуживание
электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Новошахтинск 2021

**Образовательные результаты, заявленные ФГОС МДК.01.02.
Электроснабжение для специальности 13.02.11 «Техническая
эксплуатация и обслуживание электрического и
электромеханического оборудования» (по отраслям)**

В результате освоения МДК.01.02. Электроснабжение обучающийся должен:

Иметь практический опыт	<ul style="list-style-type: none">– выполнения работ по технической эксплуатации, обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования;использования основных измерительных приборов.
уметь	<ul style="list-style-type: none">– определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;– подбирать технологическое оборудование для ремонта и эксплуатации электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем, определять оптимальные варианты его использования;– организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования;– проводить анализ неисправностей электрооборудования;– эффективно использовать материалы и оборудование;– заполнять маршрутно-технологическую документацию на эксплуатацию и обслуживание отраслевого электрического и электромеханического оборудования;– оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;– осуществлять технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования;– осуществлять метрологическую поверку изделий;– производить диагностику оборудования и определение его ресурсов;

	<p>прогнозировать отказы и обнаруживать дефекты электрического и электромеханического оборудования.</p>
<p>знать</p>	<ul style="list-style-type: none"> - технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин; - классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли; - элементы систем автоматики, их классификацию, основные характеристики и принципы построения систем автоматического управления электрическим и электромеханическим оборудованием; - классификацию и назначением электроприводов, физические процессы в электроприводах; - выбор электродвигателей и схем управления; - устройство систем электроснабжения, выбор элементов схемы электроснабжения и защиты; - физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации, электрического и электромеханического оборудования; - условия эксплуатации электрооборудования; - действующую нормативно-техническую документацию по специальности; - порядок проведение стандартных и сертифицированных испытаний; - правила сдачи оборудования в ремонт и приема после ремонта;

Общие указания к составлению отчёта

Практические занятия являются одним из элементов учебной деятельности обучающегося, выполнив которую, он должен составить отчёт. Правильно составить отчёт, значит показать:

- степень усвоения знаний не только по **МДК.01.02. Электроснабжение** но и по другим дисциплинам, изучаемым обучающимися 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, обучающийся исправляет ошибки

Практическое занятие №1

Тема: Электротехнические чертежи и схемы

Цель. Изучить электротехнические чертежи и схемы

Теоретическая часть.

Схемы электроснабжения цехов на предприятии весьма разнообразны и их построение обусловлено многими факторами: категорией электроприёмников, территорией, историческим развитием предприятия и многих других. Поэтому остановимся только на основных принципах построения схем.

Одним из основополагающих принципов построения схемы электроснабжения является применение глубокого ввода, что означает максимально возможное приближение источников высокого напряжения, или подстанций, к потребителям с минимальным количеством ступеней промежуточной трансформации и аппаратов.

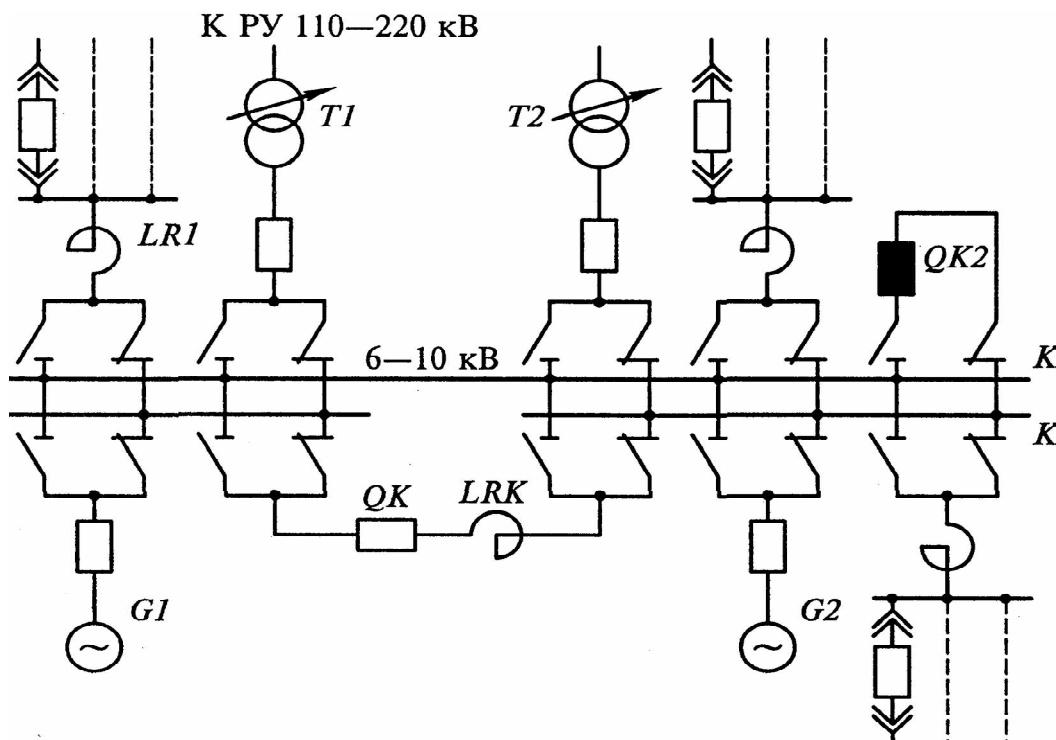
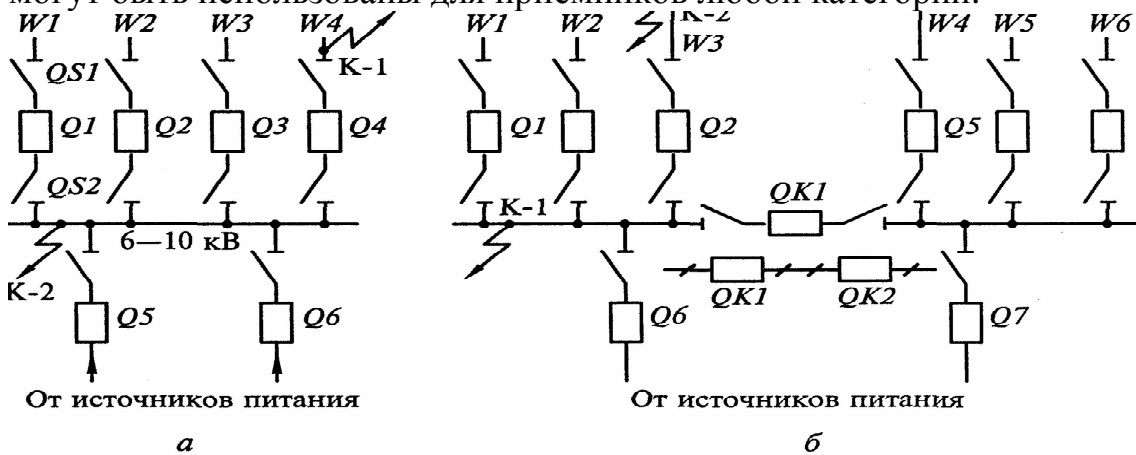
На предприятиях средней мощности линии глубоких вводов напряжением 35-110 кВ вводятся на территорию непосредственно от энергосистемы. На крупных предприятиях глубокие вводы отходят от ГПП или распределительных подстанций, получающих энергию от энергосистемы.

На небольших предприятиях достаточно иметь одну подстанцию для приёма электроэнергии. Если напряжение питания совпадает с напряжением заводской распределительной сети, то приём электроэнергии осуществляется непосредственно на распределительный пункт без трансформации.

Распределение электроэнергии на предприятии может осуществляться по радиальной, магистральной или комбинированной схемам. На выбор той или иной схемы влияют технические и экономические факторы. При расположении нагрузок в различных направлениях от центра питания целесообразно применять радиальную схему. В зависимости от мощности предприятия радиальные схемы могут иметь одну или две ступени распределения электроэнергии. Двухступенчатые радиальные схемы с промежуточными РП используют на предприятиях большой мощности. Промежуточные РП позволяют освободить шины ГПП от большого количества мелких отходящих линий.

На рис. 4.2 а) приведена типичная радиальная схема электроснабжения, выполненная в две ступени. Вся коммутационная аппаратура устанавливается на РП1-РП3, а на питаемых от них ТП предусматривается присоединение через разъединитель с предохранителем. РП1 и РП2 питаются по двум линиям, а РП3 одной линией от шин ГПП (первая ступень). На второй ступени электроэнергия распределяется между двухтрансформаторными и однострансформаторными цеховыми ТП.

Магистральные схемы применяются при расположении нагрузок в одном направлении от источника питания. Электроэнергия к подстанциям поступает по ответвлениям от линии (воздушной либо кабельной), поочередно заходящей на несколько подстанций. Число трансформаторов, присоединяемых к одной магистрали, зависит от мощности трансформаторов и требуемой бесперебойности питания. Магистральные схемы могут выполняться с одной, двумя и более магистралями. На рис. 4.2 б) показана схема с двойной магистралью при питании двухтрансформаторных ТП. Эти схемы, не смотря на большую стоимость, обладают высокой надёжностью и могут быть использованы для приёмников любой категории.



Контрольные вопросы и задание

1Какие схемы электроснабжения бывают

2Что является одним из основополагающих принципов построения схемы электроснабжения является

3По каким схемам происходит распределение электроэнергии на предприятии

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие №2

Тема: Проверка и маркировка электрических цепей

Цель работы: изучить проверку и маркировку электрических цепей

Теоретическая часть

Для проверки целостности жил проводов и кабелей используется источник тока и прибор-индикатор, сигнализирующий о замыкании цепи. Во время проверки определяется правильность соединений цепей, отсутствие обрывов и замыкания проводов между собой или на землю и проводится маркировка участков цепей.

При маркировке целых участков цепи, не содержащих никаких элементов электроаппаратов и состоящих только из токопроводящей жилы, обоим концам участка (начало и конец) жилы должно быть присвоено одинаковое маркировочное обозначение. Проверка целостности жил осуществляется различными способами, которые можно объединить в две группы. В первую группу входят способы, при которых жилы в процессе проверки ничем не отличаются друг от друга и маркировка на них наносится произвольно по мере отыскания соответствующих начал и концов (рис. 43, а, б). Для способов первой группы требуется простое оборудование. Однако проверка этим способом отличается трудоемкостью и производится, как правило, двумя рабочими.

Вторая группа способов проверки основана на предварительном шифровании жил, имеющих определенную маркировку на одном из концов потока проводов (рис. 43, в, г). Шифрование жил проводится по какому-либо отличительному признаку по сравнению с другими жилами: по различным сопротивлениям жил, по различным электрическим потенциалам жил (подаваемым от вспомогательного устройства) или по различным направлениям тока в жилах. На втором конце потока проводится дешифрование жил путем опознавания их с помощью того или иного прибора. На концы опознанных жил наносится маркировка, соответствующая их маркировке в начале потока. Вторая группа обеспечивает более высокую производительность работы и позволяет проводить проверку одним рабочим, однако, требует более сложного и дорогого оборудования (в сравнении со способами первой группы). вспомогательного устройства) или по различным направлениям тока в жилах. На втором конце потока проводится дешифрование жил путем опознавания их с помощью того или иного прибора. На концы опознанных жил наносится маркировка, соответствующая

их маркировке в начале потока. Вторая группа обеспечивает более высокую производительность работы и позволяет проводить проверку одним рабочим, однако, требует более сложного и дорогого оборудования (в сравнении со способами первой группы).

Все способы определения целостности жил кабелей и проводов предполагают наличие в потоке, по крайней мере, одной исправной цепи, легко опознаваемой на обоих концах потока. Обычно такой цепью служит цепь заземления или металлические оболочки кабелей.

Для маркировки жил кабелей применяют приставку У МЖК, которая представляет собой магазин резисторов и подсоединяется к мегаомметру. Недостатками этого комплекта приборов являются громоздкость и необходимость вращения рукоятки мегаомметра при измерениях. Для проверки кабелей с небольшим числом жил (например, силовых) применяют мегаомметр без приставок. В этом случае требуется иметь несколько резисторов, номинальные сопротивления которых достаточно велики и резко отличаются от сопротивления жилы кабеля и друг от друга. На одном из концов кабеля жилы заземляются через разные резисторы. Одну из жил заземляют непосредственно. Измеряя сопротивление жил с другого конца кабеля мегаомметром с использованием земли в качестве обратного провода, нетрудно определить их по резко различающимся сопротивлениям (вместо мегаомметра можно использовать переносные измерительные мосты или омметры).

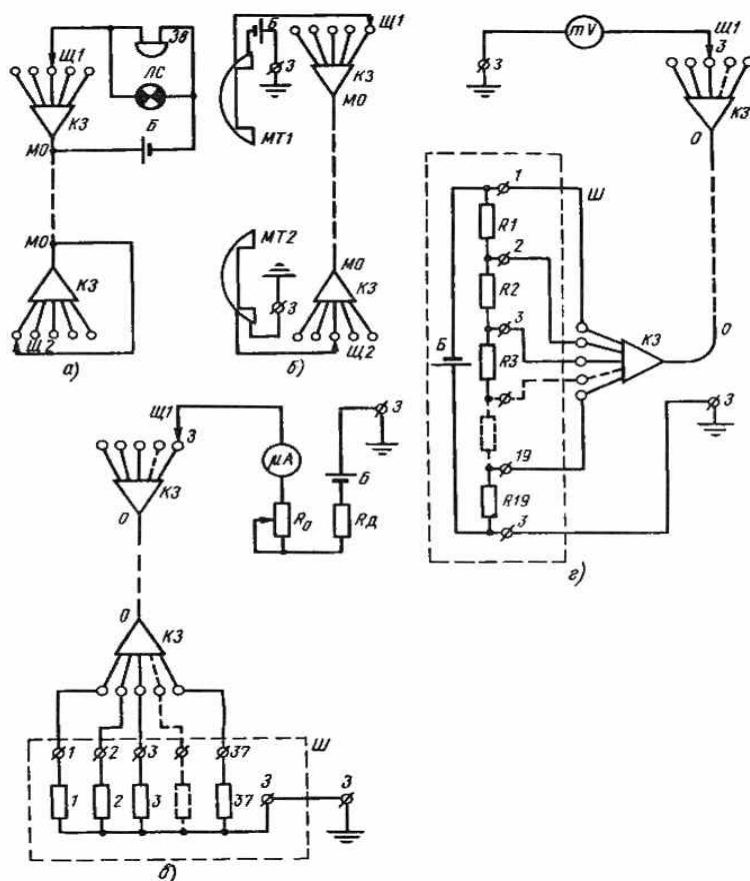


Рис. 1. Схемы проверки электрических цепей:

а, б — способами первой группы; в, г — способами второй группы; а — с помощью светозвукового сигнального устройства; б - с помощью микротелефонных трубок; в — с шифрованием сопротивлением, г — с шифрованием потенциалом.

Щ1, Щ2 - щупы; Зв — звонок; ЛС — сигнальная лампа; Б — сухой элемент; З — заземление; МО — металлическая оболочка; КЗ — концевая заделка; МТ — микротелефонная трубка; Ш - шифратор; R₁ — R₁₉ — потенциометры; R₀ — установочный резистор; О — неметаллическая оболочка; R_д — добавочный резистор.

Для проверки кабелей с небольшим числом жил (например, силовых) применяют мегаомметр без приставок. В этом случае требуется иметь несколько резисторов, номинальные сопротивления которых достаточно велики и резко отличаются от сопротивления жилы кабеля и друг от друга. На одном из концов кабеля жилы заземляются через разные резисторы. Одну из жил заземляют непосредственно. Измеряя сопротивление жил с другого конца кабеля мегаомметром с использованием земли в качестве обратного провода, нетрудно определить их по резко различающимся сопротивлениям (вместо мегаомметра можно использовать переносные измерительные мосты или омметры).

Для оконцевания изоляции жил разделанных проводов и контрольных кабелей и нанесения маркировочных обозначений применяют маркировочные муфты, отрезки поливинилхлоридных трубок, а также наборные оконцеватели из липкой маркировочной ленты. Кабели в целом в зависимости от их назначения маркируют пластмассовыми или алюминиевыми бирками различной формы.

Кабельные бирки

Форма бирки	Марка бирки		Вид кабелей
	алюминиевой	пластмассовой	
Круг	БКА-1	БКП-1	Силовые выше 1000 В
Прямоугольник	БКА-2	БКП-2	Силовые до 1000 В
Овал	БКА-3	БКП-3	Контрольные
Шестигранник	БКА-4	БКП-4	КИП и А
Квадрат	БКА-5	БКП-5	Связи

На маркировочные муфты, оконцеватели и манжеты, а также на оболочки кабелей маркировку наносят несмываемыми чернилами с помощью стеклянных чертежных трубочек. Для маркировки с использованием микротелефонов применяют переговорное устройство ПУ-71, выпускаемое серийно. Электрический аппарат представляет собой совокупность ряда взаимосвязанных элементов и узлов, в которых протекают разнообразные сложные физические процессы. Электрические аппараты могут работать в 3 режимах: 1. Номинальный режим. В этом режиме электрический аппарат

работает при значениях напряжения, тока и мощности, которые указаны в его паспортных данных, как номинальные.

2. Нормальный режим. В этом режиме электрический аппарат работает при значениях напряжения, тока и мощности меньше номинальных.

3. Аварийный режим работы. В этом режиме электрический аппарат работает при значениях напряжения, тока и мощности превышающих номинальные в два или более раз.

В первых двух режимах электрический аппарат может работать неограниченное время. При возникновении аварийного режима электрический аппарат может работать только ограниченное время, которое может быть указано в паспортных данных.

Контрольные вопросы и задание:

1)Что необходимо сделать для проверки целостности жил проводов и кабелей

2)Как происходит маркировка жил кабелей.

3)Назовите три режима при которых могут работать электрические аппарат.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие №3

Тема: Основные понятия и определения для электрических цепей постоянного тока

Цель. Изучить основные понятия и определения для электрических цепей постоянного тока

Теоретическая часть.

Основные законы цепей постоянного тока

Расчет и анализ электрических цепей производится с использованием закона Ома, первого и второго законов Кирхгофа. На основе этих законов устанавливается взаимосвязь между значениями токов, напряжений, ЭДС всей электрической цепи и отдельных ее участков и параметрами элементов, входящих в состав этой цепи.

Закон Ома для участка цепи

Соотношение между током I , напряжением UR и сопротивлением R участка аб электрической цепи (рис. 1.3) выражается законом Ома

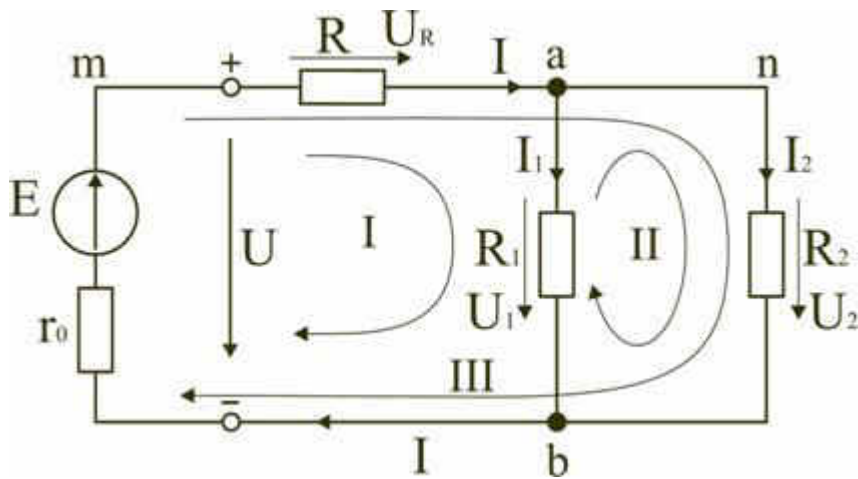


Рис. 1.2

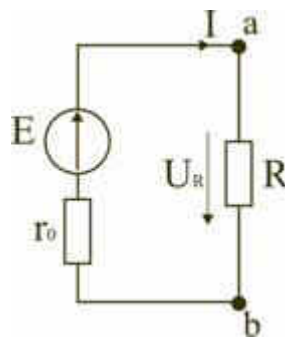


Рис. 1.3

$$I = \frac{U_R}{R} \text{ или } U_R = RI.$$

В этом случае $U_R = RI$ – называют напряжением или падением напряжения на резисторе R , а $I = \frac{U_R}{R}$ – током в резисторе R .

При расчете электрических цепей иногда удобнее пользоваться не сопротивлением R , а величиной обратной сопротивлению, т.е. электрической проводимостью:

$$g = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}.$$

В этом случае закон Ома для участка цепи запишется в виде:

$$I = Ug.$$

Закон Ома для полной цепи

Этот закон определяет зависимость между ЭДС E источника питания с внутренним сопротивлением r_0 (рис. 1.3), током I электрической цепи и общим эквивалентным сопротивлением $R_{\Sigma} = r_0 + R$ всей цепи:

$$I = \frac{E}{R_{\Sigma}} = \frac{E}{r_0 + R}.$$

Сложная электрическая цепь содержит, как правило, несколько ветвей, в которые могут быть включены свои источники питания и режим ее работы не может быть описан только законом Ома. Но это можно выполнить на основании первого и второго законов Кирхгофа, являющихся следствием закона сохранения энергии.

Первый закон Кирхгофа

В любом узле электрической цепи алгебраическая сумма токов равна нулю

$$\sum_{k=1}^m I_k = 0,$$

где m – число ветвей подключенных к узлу.

При записи уравнений по первому закону Кирхгофа токи, направленные к узлу, берут со знаком «плюс», а токи, направленные от узла – со знаком «минус». Например, для узла а (см. рис. 1.2) $I - I_1 - I_2 = 0$.

Второй закон Кирхгофа

В любом замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на всех его участках

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m R_k I_k = \sum_{k=1}^m U_k,$$

где n – число источников ЭДС в контуре;
 m – число элементов с сопротивлением R_k в контуре;
 $U_k = R_k I_k$ – напряжение или падение напряжения на k -м элементе контура.

Для схемы (рис. 1.2) запишем уравнение по второму закону Кирхгофа:

$$E = U_R + U_1.$$

Если в электрической цепи включены источники напряжений, то второй закон Кирхгофа формулируется в следующем виде: алгебраическая сумма напряжений на всех элементах контура, включая источники ЭДС равна нулю

$$\sum_{k=1}^m U_k = 0$$

При записи уравнений по второму закону Кирхгофа необходимо:

1) задать условные положительные направления ЭДС, токов и напряжений;

2) выбрать направление обхода контура, для которого записывается уравнение;

3) записать уравнение, пользуясь одной из формулировок второго закона Кирхгофа, причем слагаемые, входящие в уравнение, берут со знаком «плюс», если их условные положительные направления совпадают с обходом контура, и со знаком «минус», если они противоположны.

Запишем уравнения по II закону Кирхгофа для контуров электрической схемы (рис. 1.2):

$$\text{контур I: } E = RI + R_1 I_1 + r_0 I,$$

$$\text{контур II: } R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0,$$

$$\text{контур III: } E = RI + R_2 I_2 + r_0 I.$$

В действующей цепи электрическая энергия источника питания преобразуется в другие виды энергии. На участке цепи с сопротивлением R в течение времени t при токе I расходуется электрическая энергия

$$W = I^2 R t.$$

Скорость преобразования электрической энергии в другие виды представляет электрическую мощность

$$P = \frac{W}{t} = I^2 R = UI$$

Из закона сохранения энергии следует, что мощность источников питания в любой момент времени равна сумме мощностей, расходуемой на всех участках цепи.

$$\sum EI = \sum I^2 R.$$

Это соотношение (1.8) называют уравнением баланса мощностей. При составлении уравнения баланса мощностей следует учесть, что если действительные направления ЭДС и тока источника совпадают, то источник ЭДС работает в режиме источника питания, и произведение EI подставляют в (1.8) со знаком плюс. Если не совпадают, то источник ЭДС работает в режиме потребителя электрической энергии, и произведение EI подставляют в (1.8) со знаком минус. Для цепи, показанной на рис. 1.2 уравнение баланса мощностей запишется в виде:

$$EI = I^2(r_0 + R) + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2.$$

При расчете электрических цепей используются определенные единицы измерения. Электрический ток измеряется в амперах (А), напряжение – в вольтах (В), сопротивление – в омах (Ом), мощность – в ваттах (Вт), электрическая энергия – ватт-час (Вт-час) и проводимость – в сименсах (См)

Кроме основных единиц используют более мелкие и более крупные единицы измерения: миллиампер ($1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$), килоампер ($1 \text{ кА} = 10^3 \text{ А}$), милливольт ($1 \text{ мВ} = 10^{-3} \text{ В}$), киловольт ($1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$), килоом ($1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$), мегаом ($1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$), киловатт ($1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$), киловатт-час ($1 \text{ кВт-час} = 10^3 \text{ ватт-час}$).

Контрольные вопросы и задание

1. Что общего и в чем отличие закона Ома для участка и полной цепи
2. В каком случае в любом узле электрической цепи алгебраическая сумма токов не равна нулю.
3. Физический смысл уравнения баланса мощностей

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 4

Тема: Цепи переменного тока

Цель: Изучить цепи переменного тока

Теоретическая часть

Переменный ток, в отличие от тока постоянного, непрерывно изменяется как по величине, так и по направлению, причем изменения эти происходят периодически, т. е. точно повторяются через равные промежутки времени.

Чтобы вызвать в цепи такой ток, используются **источники переменного тока, создающие переменную ЭДС, периодически изменяющуюся по величине и направлению**. Такие источники называются **генераторами переменного тока**.

На рис. 1 показана схема устройства (модель) простейшего генератора переменного тока.

Прямоугольная рамка, изготовленная из медной проволоки, укреплена на оси и при помощи ременной передачи вращается в поле магнита. Концы рамки припаяны к медным контактным кольцам, которые, вращаясь вместе с рамкой, скользят по контактным пластинам (щеткам).

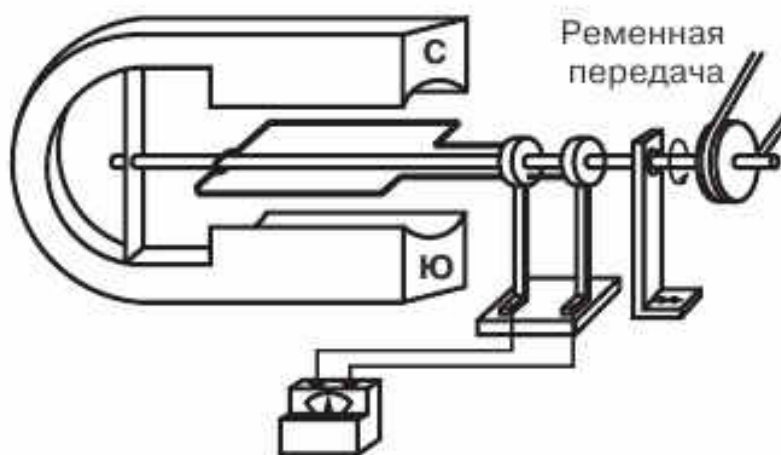


Рисунок 1. Схема простейшего генератора переменного тока

Убедимся в том, что такое устройство действительно является **источником переменной ЭДС**.

Предположим, что магнит создает между своими полюсами равномерное магнитное поле, т. е. такое, в котором плотность магнитных силовых линий в любой части поля одинаковая. вращаясь, рамка пересекает силовые линии магнитного поля, и в каждой из ее сторон а и б индуцируются ЭДС.

Стороны же в и г рамки — нерабочие, так как при вращении рамки они не пересекают силовых линий магнитного поля и, следовательно, не участвуют в создании ЭДС.

В любой момент времени ЭДС, возникающая в стороне а, противоположна по направлению ЭДС, возникающей в стороне б, но в рамке обе ЭДС действуют согласно и в сумме составляют общую ЭДС, т. е. индуктируемую всей рамкой.

В этом нетрудно убедиться, если использовать для определения направления ЭДС известное нам **правило правой руки**.

Для этого надо ладонь правой руки расположить так, чтобы она была обращена в сторону северного полюса магнита, а большой отогнутый палец совпадал с направлением движения той стороны рамки, в которой мы хотим определить направление ЭДС. Тогда направление ЭДС в ней укажут вытянутые пальцы руки.

Для какого бы положения рамки мы ни определяли направление ЭДС в сторонах а и б, они всегда складываются и образуют общую ЭДС в рамке. При этом с каждым оборотом рамки направление общей ЭДС изменяется в ней на обратное, так как каждая из рабочих сторон рамки за один оборот проходит под разными полюсами магнита.

Величина ЭДС, индуктируемой в рамке, также изменяется, так как изменяется скорость, с которой стороны рамки пересекают силовые линии магнитного поля. Действительно, в то время, когда рамка подходит к своему вертикальному положению и проходит его, скорость пересечения силовых линий сторонами рамки бывает наибольшей, и в рамке индуктируется наибольшая ЭДС. В те моменты времени, когда рамка проходит свое горизонтальное положение, ее стороны как бы скользят вдоль магнитных силовых линий, не пересекая их, и ЭДС не индуктируется.

Таким образом, **при равномерном вращении рамки в ней будет индуктироваться ЭДС, периодически изменяющаяся как по величине, так и по направлению.**

ЭДС, возникающую в рамке, можно измерить прибором и использовать для создания тока во внешней цепи.

Используя явление электромагнитной индукции, можно получить переменную ЭДС и, следовательно, переменный ток.

Переменный ток для промышленных целей и для освещения вырабатывается мощными генераторами, приводимыми во вращение паровыми или водяными турбинами и двигателями внутреннего сгорания.

Графическое изображение постоянного и переменного токов

Графический метод дает возможность наглядно представить процесс изменения той или иной переменной величины в зависимости от времени.

Построение графиков переменных величин, меняющихся с течением времени, начинают с построения двух взаимно перпендикулярных линий, называемых осями графика. Затем на горизонтальной оси в определенном масштабе откладывают отрезки времени, а на вертикальной, также в некотором масштабе, — значения той величины, график которой собираются построить (ЭДС, напряжения или тока).

На рис. 2 графически изображены **постоянный и переменный токи**. В данном случае мы откладываем значения тока, причем вверх по вертикали от точки пересечения осей O откладываются значения тока одного направления, которое принято называть положительным, а вниз от этой точки — противоположного направления, которое принято называть отрицательным.

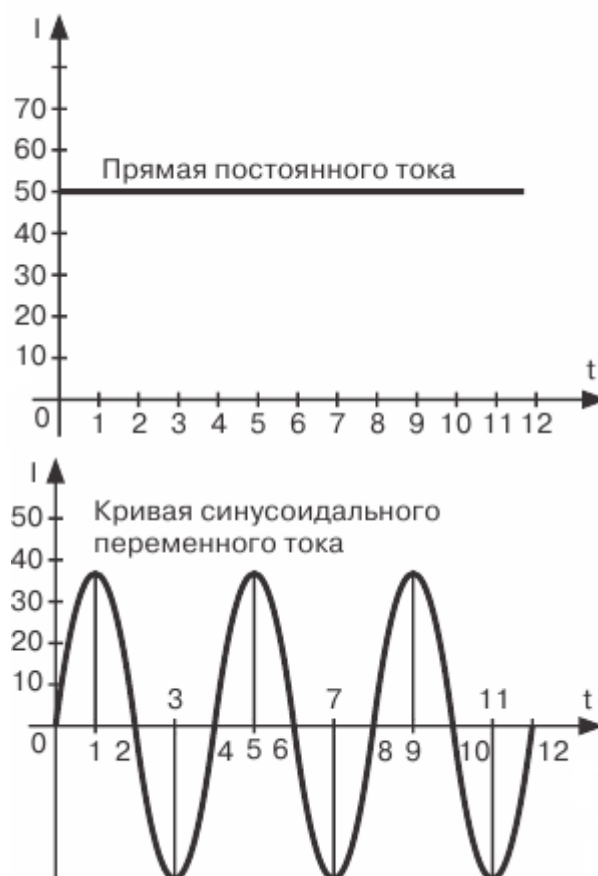


Рисунок 2. Графическое изображение постоянного и переменного тока

Сама точка O служит одновременно началом отсчета значений тока (по вертикали вниз и вверх) и времени (по горизонтали вправо). Иначе говоря, этой точке соответствует нулевое значение тока и тот начальный момент времени, от которого мы намереваемся проследить, как в дальнейшем будет изменяться ток.

Убедимся в правильности построенного на рис. 2, а графика постоянного тока величиной 50 мА.

Так как этот ток постоянный, т. е. не меняющий с течением времени своей величины и направления, то различным моментам времени будут соответствовать одни и те же значения тока, т. е. 50 мА. Следовательно, в момент времени, равный нулю, т. е. в начальный момент нашего наблюдения за током, он будет равен 50 мА. Отложив по вертикальной оси вверх отрезок, равный значению тока 50 мА, мы получим первую точку нашего графика.

То же самое мы обязаны сделать и для следующего момента времени, соответствующего точке 1 на оси времени, т. е. отложить от этой точки вертикально вверх отрезок, также равный 50 мА. Конец отрезка определит нам вторую точку графика.

Проделав подобное построение для нескольких последующих моментов времени, мы получим ряд точек, соединение которых даст прямую линию, являющуюся **графическим изображением постоянного тока** величиной 50 мА.

Контрольные вопросы и задание

1. Нарисуйте рис. 1 и укажите стороны а, б, в, г.
2. На рис.1 нарисован генератор переменного тока. Как по вашему мнению будет выглядеть генератор постоянного тока.
3. Нарисуйте как будет выглядеть рис. 2 для постоянного тока, если с 3 по 5 промежутков времени цепь будет разорвана.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 5

Тема: Причины широкого распространения переменного электрического тока

Цель: Изучить причины широкого распространения переменного электрического тока

Теоретическая часть

Причины широкого распространения переменного электрического тока

Первой причиной широкого распространения переменного тока является возможность существенного уменьшения потерь мощности и энергии при передаче электроэнергии на расстояние, что достигается путем повышения напряжения на электростанции и за счет этого — уменьшения тока в линиях и трансформаторах.

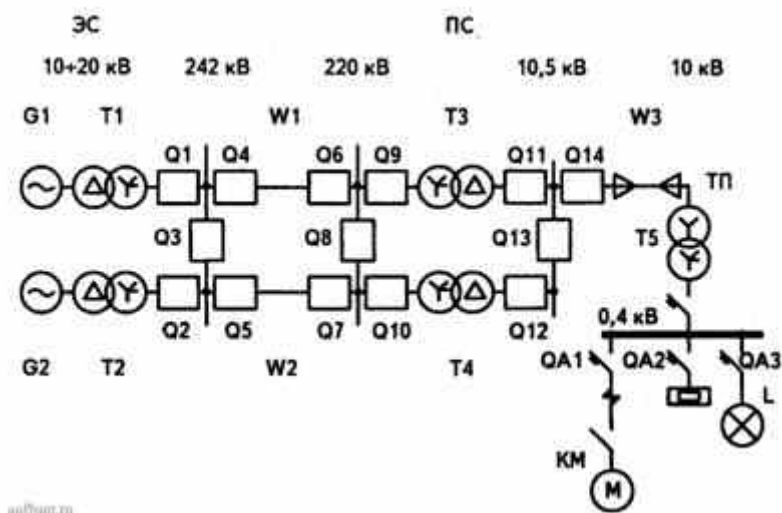


Рис. 1. Простейшая однолинейная схема электроэнергетической системы

На рис. 1 приведена простейшая однолинейная (показано электрооборудование только одной, средней фазы) схема электроэнергетической системы. На электрической станции (ЭС) генераторы G1 и G2 вырабатывают электроэнергию на трехфазном переменном токе напряжением 10-5-20 кВ. Уровень напряжения повышают до 242 кВ с помощью силовых трансформаторов T1 и T2. Суммарная мощность, вырабатываемая G1 и G2 (P_{Σ}), передается по двум линиям электропередачи W на напряжении 230 кВ (среднее из напряжений по концам линий).

Мощность P_{Σ} равна $P_{\Sigma} = \sqrt{3}UI \cdot \cos \varphi$, где $\cos \varphi$ — коэффициент мощности.

Ток, передаваемый по линиям,

$$I = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3}U\cos\varphi}$$

У потребителей сооружают понижающие подстанции, силовые трансформаторы которых снижают напряжение до требуемого уровня, например, 10 кВ.

Вторая, не менее важная причина применения переменного тока заключается в возможности снижения потерь напряжения в линиях при передаче электроэнергии на расстояние за счет использования повышенного напряжения.

Следует отметить, что постоянный ток не трансформируется с помощью трансформаторов и поэтому передача его на расстояние на низком напряжении затруднена из-за потерь мощности и напряжения. Постоянный ток высокого напряжения используют при передаче электрической энергии на большие расстояния (сотни и тысячи километров), однако для этого необходимо сооружать сложные и дорогостоящие подстанции (выпрямительные — преобразующие переменный ток в постоянный, и инверторные — преобразующие постоянный ток в переменный).

Установлены целесообразные расстояния, на которые передают электроэнергию на переменном токе при заданном уровне напряжения.

Целесообразные расстояния передачи электроэнергии

Напряжение, кВ	0,4	6+10	35	110	220
Расстояние, км	0,5+1,0	10	30+60	40+150	80+250

Соединение обмоток генератора в трехфазную систему позволило получить трехфазный переменный ток. Это система трех переменных токов, которые имеют одинаковую частоту, но различаются по фазе на одну треть периода. Трехфазный ток обладает важными достоинствами. Во-первых, трехфазные линии электропередач выгоднее однофазных: по ним при той же затрате проводов и изоляции можно передать больше электрической энергии, чем при однофазном переменном токе. А во-вторых, благодаря свойству трехфазного переменного тока создавать вращающееся магнитное поле, удалось построить очень простые и надежные асинхронные электрические двигатели без коллектора и щеток.

Эти качества переменного тока и послужили причиной того, что в наши дни все промышленные электростанции вырабатывают только трехфазный переменный ток.

Большее половины электрической энергии, вырабатываемой этими электростанциями, расходуется электрическими двигателями. Чтобы они могли выполнять разнообразную работу, их делают различными и по устройству и по размерам.

Кроме простых асинхронных двигателей, которые широко используются для привода станков, есть двигатели с обмоткой и контактными кольцами на роторе. Они развивают большие усилия при трогании с места и поэтому успешно применяются на подъемных кранах. Есть еще синхронные двигатели, имеющие постоянную скорость вращения. По своим размерам электрические двигатели бывают маленькими - с катушку ниток - и огромными, как карусель.

Применение для привода станков сразу нескольких электрических двигателей дало возможность упростить механизмы станка, облегчило управление ими и позволило создать автоматические станочные линии.

Малые размеры электрических двигателей позволили использовать электрическую энергию там, где раньше применялся только ручной труд. Электрические дрели, пилы, рубанки и другой электрифицированный инструмент намного облегчили труд рабочих, сделали его более производительным.

Электрические пылесосы, стиральные машины и холодильники пришли на помощь домашним хозяйкам.

Переменный ток - хороший источник тепла. В мощных дуговых электропечах плавят и варят металл. Электрические печи сопротивления широко используются для кондиционирования воздуха, обогрева сушильных шкафов и различных помещений.

Электрические лампочки дают свет независимо от того, какой ток идет через их нити. Но поскольку передача переменного тока более экономична, а трансформаторы позволяют легко поддерживать необходимое для них напряжение, вся осветительная сеть городов и сел обслуживается переменным током.

Непрерывное изменение направления движения электронов в переменном токе, его способность к трансформации открыли ему широкую дорогу во многие области техники. Но не всегда хорош ток, все время меняющий свое направление. Вот вы сели в троллейбус, поезд метро или в вагон «электрички» на железной дороге. Здесь вы попали во владения постоянного тока.

Дело в том, что простые и удобные электрические двигатели переменного тока не позволяют в широких пределах плавно менять скорость своего

вращения. А вспомните, сколько раз водителю приходится изменять скорость движения троллейбуса; с такой беспокойной работой хорошо справляется только двигатель постоянного тока. Питание этих двигателей осуществляется с тяговых выпрямительных подстанций. Приходящий на них с электростанций переменный ток при помощи ртутных выпрямителей преобразуется в постоянный, а затем подается в контактную сеть - в провода и рельсы.

Применение тяговых двигателей постоянного тока на транспортных машинах оказалось настолько выгодным, что их можно встретить на тепловозах и теплоходах.

Контрольные вопросы и задание

1. Во сколько раз уменьшаются потери мощности при схеме на рис. 1.
2. Назовите какие потребители электрической энергии наибольшие.
3. Главный недостаток электродвигателей переменного тока

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 6

Тема: Синусоидальные величины и их изображения

Цель: Изучить синусоидальные величины и их изображения

Теоретическая часть

Построение графика переменной ЭДС

Перейдем теперь к изучению **графика переменной ЭДС**. На рис. 3 в верхней части показана рамка, вращающаяся в магнитном поле, а внизу дано графическое изображение возникающей переменной ЭДС.

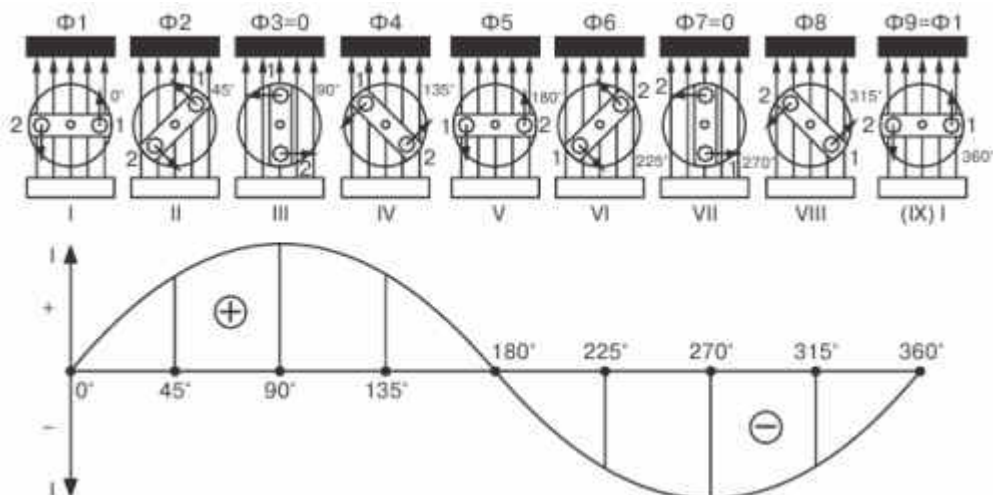


Рисунок 3. Построение графика переменной ЭДС

Начнем равномерно вращать рамку по часовой стрелке и проследим за ходом изменения в ней ЭДС, приняв за начальный момент горизонтальное положение рамки.

В этот начальный момент ЭДС будет равна нулю, так как стороны рамки не пересекают магнитных силовых линий. На графике это нулевое значение ЭДС, соответствующее моменту $t = 0$, изобразится точкой 1.

При дальнейшем вращении рамки в ней начнет появляться ЭДС и будет возрастать по величине до тех пор, пока рамка не достигнет своего вертикального положения. На графике это возрастание ЭДС изобразится плавной поднимающейся вверх кривой, которая достигает своей вершины (точка 2).

По мере приближения рамки к горизонтальному положению ЭДС в ней будет убывать и упадет до нуля. На графике это изобразится спадающей плавной кривой.

Следовательно, за время, соответствующее половине оборота рамки, ЭДС в ней успела возрасти от нуля до наибольшей величины и вновь уменьшиться до нуля (точка 3).

При дальнейшем вращении рамки в ней вновь возникнет ЭДС и будет постепенно возрастать по величине, однако направление ее уже изменится на обратное, в чем можно убедиться, применив правило правой руки.

График учитывает изменение направления ЭДС тем, что кривая, изображающая ЭДС, пересекает ось времени и располагается теперь ниже этой оси. ЭДС возрастает опять-таки до тех пор, пока рамка не займет вертикальное положение.

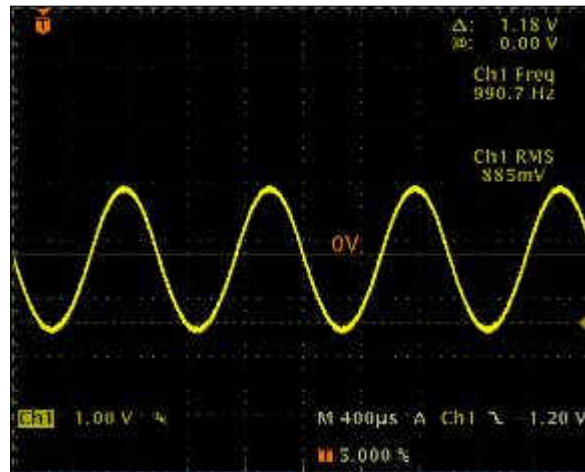
Затем начнется убывание ЭДС, и величина ее станет равной нулю, когда рамка вернется в свое первоначальное положение, совершив один полный оборот. На графике это выразится тем, что кривая ЭДС, достигнув в обратном направлении своей вершины (точка 4), встретится затем с осью времени (точка 5)

На этом заканчивается один цикл изменения ЭДС, но если продолжать вращение рамки, тотчас же начинается второй цикл, в точности повторяющий первый, за которым, в свою очередь, последует третий, а потом четвертый, и так до тех пор, пока мы не остановим вращение рамки.

Таким образом, за каждый оборот рамки ЭДС, возникающая в ней, совершает полный цикл своего изменения.

Если же рамка будет замкнута на какую-либо внешнюю цепь, то по цепи потечет переменный ток, график которого будет по виду таким же, как и график ЭДС.

Полученная нами волнообразная кривая называется **синусоидой**, а ток, ЭДС или напряжение, изменяющиеся по такому закону, называются **синусоидальными**.



Сама кривая названа синусоидой потому, что она является графическим изображением переменной тригонометрической величины, называемой синусом.

Синусоидальный характер изменения тока — самый распространенный в электротехнике, поэтому, говоря о переменном токе, в большинстве случаев имеют в виду синусоидальный ток.

Для сравнения различных переменных токов (ЭДС и напряжений) существуют величины, характеризующие тот или иной ток. Они называются **параметрами переменного тока**.

Период, амплитуда и частота — параметры переменного тока

Переменный ток характеризуется двумя параметрами — **периодом** и **амплитудой**, зная которые мы можем судить, какой это переменный ток, и построить график тока.

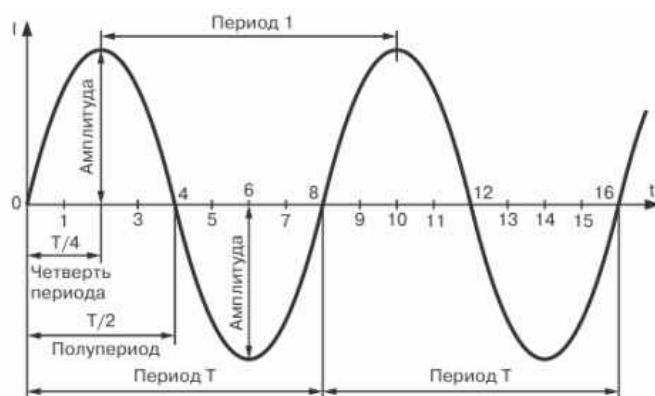


Рисунок 4. Кривая синусоидального тока

Промежуток времени, на протяжении которого совершается полный цикл изменения тока, называется периодом. Период обозначается буквой T и измеряется в секундах.

Промежуток времени, на протяжении которого совершается половина полного цикла изменения тока, называется полупериодом. Следовательно, период изменения тока (ЭДС или напряжения) состоит из двух полупериодов. Совершенно очевидно, что все периоды одного и того же переменного тока равны между собой.

Как видно из графика, в течение одного периода своего изменения ток достигает дважды максимального значения.

Максимальное значение переменного тока (ЭДС или напряжения) называется его амплитудой или амплитудным значением тока.

I_m , E_m и U_m — общепринятые обозначения амплитуд тока, ЭДС и напряжения.

Мы прежде всего обратили внимание на амплитудное значение тока, однако, как это видно из графика, существует бесчисленное множество промежуточных его значений, меньших амплитудного.

Значение переменного тока (ЭДС, напряжения), соответствующее любому выбранному моменту времени, называется его мгновенным значением.

i , e и u — общепринятые обозначения мгновенных значений тока, ЭДС и напряжения.

Мгновенное значение тока, как и амплитудное его значение, легко определить с помощью графика. Для этого из любой точки на горизонтальной оси, соответствующей интересующему нас моменту времени, проведем вертикальную линию до точки пересечения с кривой тока;

полученный отрезок вертикальной прямой определит значение тока в данный момент, т. е. мгновенное его значение.

Очевидно, что мгновенное значение тока по истечении времени $T/2$ от начальной точки графика будет равно нулю, а по истечении времени $T/4$ его амплитудному значению. Ток также достигает своего амплитудного значения; но уже в обратном направлении, по истечении времени, равного $3/4 T$.

Итак, график показывает, как с течением времени меняется ток в цепи, и что каждому моменту времени соответствует только одно определенное значение как величины, так и направления тока. При этом значение тока в данный момент времени в одной точке цепи будет точно таким же в любой другой точке этой цепи.

Число полных периодов, совершаемых током в 1 секунду, называется **частотой переменного тока** и обозначается латинской буквой f .

Чтобы определить частоту переменного тока, т. е. узнать, **сколько периодов своего изменения ток совершил в течение 1 секунды**, необходимо 1 секунду разделить на время одного периода $f = 1/T$. Зная частоту переменного тока, можно определить период: $T = 1/f$

Частота переменного тока измеряется единицей, называемой герцем.

Если мы имеем **переменный ток**, частота изменения которого равна 1 герцу, то период такого тока будет равен 1 секунде. И, наоборот, если период изменения тока равен 1 секунде, то частота такого тока равна 1 герцу.

Итак, мы определили **параметры переменного тока** — **период, амплитуду и частоту**, — **которые позволяют отличать друг от друга различные переменные токи, ЭДС и напряжения и строить, когда это необходимо, их графики.**

При определении сопротивления различных цепей переменному току использовать еще одна вспомогательную величину, характеризующую переменный ток, так называемую **угловую или круговую частоту**.

Круговая частота обозначается связана с частотой f соотношением $2\pi f$

Поясним эту зависимость. При построении графика переменной ЭДС мы видели, что за время одного полного оборота рамки происходит полный цикл изменения ЭДС. Иначе говоря, для того чтобы рамке сделать один оборот, т. е. повернуться на 360° , необходимо время, равное одному периоду, т. е. T секунд. Тогда за 1 секунду рамка совершает $360^\circ/T$ оборота. Следовательно, $360^\circ/T$ есть угол, на который поворачивается рамка в 1 секунду, и выражает

собой скорость вращения рамки, которую принято называть **угловой или круговой скоростью**.

Но так как период T связан с частотой f соотношением $f=1/T$, то и круговая скорость может быть выражена через частоту и будет равна $360^\circ f$.

Итак, мы пришли к выводу, что $360^\circ f$. Однако для удобства пользования круговой частотой при всевозможных расчетах угол 360° , соответствующий одному обороту, заменяют его радиальным выражением, равным 2π радиан, где $\pi=3,14$. Таким образом, окончательно получим $2\pi f$. Следовательно, чтобы определить круговую частоту переменного тока (ЭДС или напряжения), надо частоту в герцах умножить на постоянное число $6,28$.

Контрольные вопросы и задание

1. Как изменится диаграмма на рис.3 если рамку вращать по часовой стрелке.
2. На графике переменной ЭДС рис.3 дорисуйте график переменного тока при замкнутой и разомкнутой цепи (масштаб произвольный)
3. С какой скоростью (обороты в минуту) должна вращаться рамка рис.3., чтобы $f=50\text{Гц}$

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 7

Тема: Последовательное и параллельное соединение

Цель: Изучить последовательное и параллельное соединение

Теоретическая часть

Потребители электрической энергии: электрические лампочки, резисторы и пр. — могут по-разному соединяться друг с другом в электрической цепи. Существует два основных типа соединения проводников: последовательное и параллельное. При последовательном соединении проводников конец одного проводника соединяется с началом другого проводника, а его конец — с началом третьего и т.д. (рис. 85).

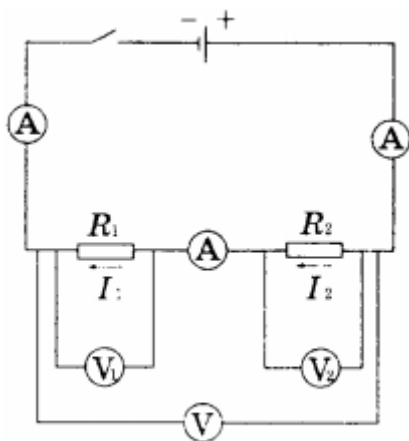


Рис. 85

Примером последовательного соединения проводников может служить соединение электрических лампочек в ёлочной гирлянде.

При последовательном соединении проводников ток проходит через все лампочки, при этом через поперечное сечение каждого проводника в единицу времени проходит одинаковый заряд, т.е. заряд не скапливается ни в какой

части проводника. Поэтому при последовательном соединении проводников сила тока в любом участке цепи одинакова: $I_1=I_2=I$.

Общее сопротивление последовательно соединённых проводников равно сумме их сопротивлений: $R_1+R_2=R$. Это следует из того, что при последовательном соединении проводников их общая длина увеличивается, она больше, чем длина каждого отдельного проводника, соответственно увеличивается и сопротивление проводников.

По закону Ома напряжение на каждом проводнике равно: $U_1=IR_1$, $U_2=IR_2$, а общее напряжение равно $U=I(R_1+R_2)$. Поскольку сила тока во всех проводниках одинакова, а общее сопротивление равно сумме сопротивлений проводников, то **полное напряжение на последовательно соединённых проводниках равно сумме напряжений на каждом проводнике: $U=U_1+U_2$** .

Из приведённых равенств следует, что последовательное соединение проводников используется в том случае, если напряжение, на которое рассчитаны потребители электрической энергии, меньше общего напряжения в цепи.

2. Примером параллельного соединения проводников служит соединение потребителей электрической энергии в квартире. Так, электрические лампочки, чайник, утюг и пр. включаются параллельно.

При параллельном соединении проводников все проводники одним своим концом присоединяются к одной точке цепи (А), а вторым концом к другой точке цепи (В) (рис. 86).

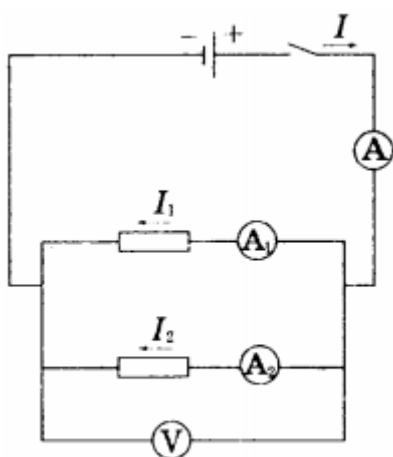


Рис. 86

Поэтому вольтметр, подключенный к этим точкам, покажет напряжение как на проводнике 1, так и на проводнике 2. Таким образом, **напряжение на концах всех параллельно соединённых проводников одно и то же: $U_1=U_2=U$.**

При параллельном соединении проводников электрическая цепь разветвляется, в данном случае в точке В. Поэтому часть общего заряда проходит через один проводник, а часть — через другой. Следовательно **при параллельном соединении проводников сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме силы тока в отдельных проводниках: $I=I_1+I_2$.**

В соответствии с законом Ома $I=UR$, $I_1=U_1R_1$, $I_2=U_2R_2$. Отсюда следует: $UR=U_1R_1+U_2R_2$. Так как $U_1=U_2=U$, $1/R=1/R_1+1/R_2$. **Величина, обратная общему сопротивлению параллельно соединённых проводников, равна сумме величин, обратных сопротивлению каждого проводника.**

При параллельном соединении проводников их общее сопротивление меньше, чем сопротивление каждого проводника. Действительно, если параллельно соединены два проводника, имеющие одинаковое сопротивление r , то их общее сопротивление равно: $R=r/2$. Это объясняется тем, что при параллельном соединении проводников как бы увеличивается площадь их поперечного сечения, соответственно уменьшается сопротивление.

Из приведённых формул понятно, почему потребители электрической энергии включаются параллельно: они все рассчитаны на определённое одинаковое напряжение, которое в квартирах равно 220 В. Зная сопротивление каждого потребителя, можно рассчитать силу тока в каждом из них и соответствие суммарной силы тока предельно допустимой силе тока.

Контрольные вопросы и задание

1. Как изменится потребляемая мощность R_1 и R_2 рис.85, если сопротивление R_1 увеличить.
2. Как изменится потребляемая мощность R_1 и R_2 рис.86, если сопротивление R_1 увеличить.
3. Как изменится напряжение R_1 и R_2 рис.86, если сопротивление R_1 увеличить.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

6 семестр

Практическое занятие 1

Тема: Активная, реактивная и полная мощность

Цель: Изучить активную, реактивную и полную мощность

Теоретическая часть

В электротехнике среди множества определений довольно часто используются такие понятия, как активная, реактивная и полная мощность. Эти параметры напрямую связаны с током и напряжением в замкнутой электрической цепи, когда включены какие-либо потребители. Для проведения вычислений применяются различные формулы, среди которых основной является произведение напряжения и силы тока. Прежде всего это касается постоянного напряжения. Однако в цепях переменного тока мощность разделяется на несколько составляющих, отмеченных выше. Вычисление каждой из них также осуществляется с помощью формул, благодаря которым можно получить точные результаты.

Формулы активной, реактивной и полной мощности

Основной составляющей считается активная мощность. Она представляет собой величину, характеризующую процесс преобразования электрической энергии в другие виды энергии. То есть по-другому является скоростью, с какой потребляется электроэнергия. Именно это значение отображается на электросчетчике и оплачивается потребителями. Вычисление активной мощности выполняется по формуле: $P = U \times I \times \cos\phi$.

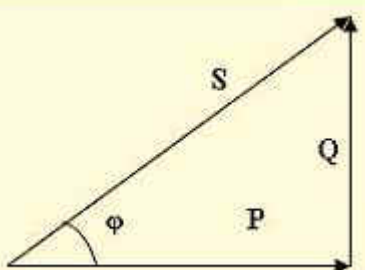
$\cos\phi = P/S$.

P – активная мощность;

S – полная мощность;

Q – реактивная мощность.

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$



В отличие от активной, которая относится к той энергии, которая непосредственно потребляется электроприборами и преобразуется в другие виды энергии – тепловую, световую, механическую и т.д., реактивная мощность является своеобразным невидимым помощником. С ее участием создаются электромагнитные поля, потребляемые электродвигателями. Прежде всего она определяет характер нагрузки, и может не только генерироваться, но и потребляться. Расчеты реактивной мощности производятся по формуле: $Q = U \times I \times \sin\phi$. Полной мощностью является величина, состоящая из активной и реактивной составляющих. Именно она обеспечивает потребителям необходимое количество электроэнергии и поддерживает их в рабочем состоянии. Для ее расчетов применяется формула: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Отличие реактивной мощности от активной

В цепи, где есть реактивное сопротивление (возьмем для примера индуктивное) значение мгновенной мощности равно:

$$q = u \cdot i$$

Соответственно $u = U_m \sin \omega \cdot t$ и $i = I_m \sin(\omega \cdot t - \frac{\pi}{2}) = -I_m \cos \omega \cdot t$ в итоге получим:
 $q = U_m \cdot I_m \sin \omega \cdot t \cdot \cos \omega \cdot t = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \sin 2 \cdot \omega \cdot t = U \cdot I \cdot \sin 2 \cdot \omega \cdot t$

Данное выражение показывает, что реактивная энергия содержит только переменную часть, которая изменяется с двойной частотой, а ее среднее значение равно нулю

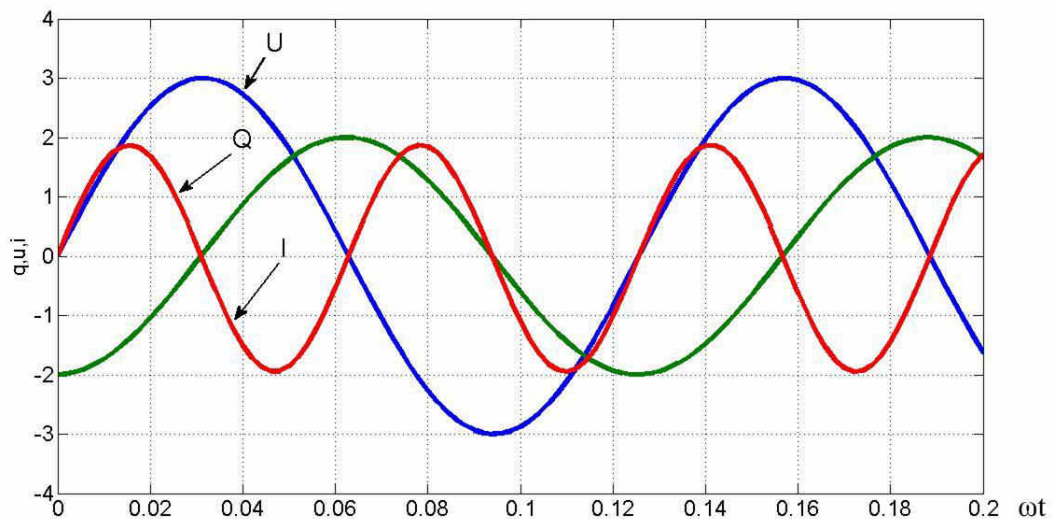


График $q(\omega t)$

Если ток и напряжение имеют синусоидальную форму и сеть содержит элементы типа R-L или R-C, то в таких сетях кроме преобразования энергии в активном элементе R вдобавок еще и изменяется энергия электрического и магнитного полей в реактивных элементах L и C.

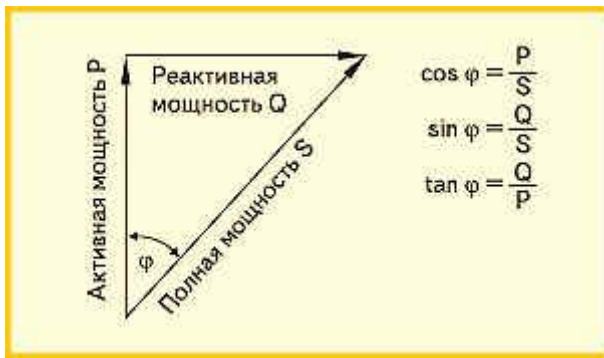
В таком случае полная мощность сети будет равна сумме:

$$s = p + q$$

Как найти активную, реактивную и полную мощность

Активная мощность относится к энергии, которая необратимо расходуется источником за единицу времени для выполнения потребителем какой-либо полезной работы. В процессе потребления, как уже было отмечено, она преобразуется в другие виды энергии.

В цепи переменного тока значение активной мощности определяется, как средний показатель мгновенной мощности за установленный период времени. Следовательно, среднее значение за этот период будет зависеть от угла сдвига фаз между током и напряжением и не будет равной нулю, при условии присутствия на данном участке цепи активного сопротивления. Последний фактор и определяет название активной мощности. Именно через активное сопротивление электроэнергия необратимо преобразуется в другие виды энергии.



При выполнении расчетов электрических цепей широко используется понятие реактивной мощности. С ее участием происходят такие процессы, как обмен энергией между источниками и реактивными элементами цепи. Данный параметр численно будет равен амплитуде, которой обладает переменная составляющая мгновенной мощности цепи. Существует определенная зависимость реактивной мощности от знака угла φ , отображенного на рисунке. В связи с этим, она будет иметь положительное или отрицательное значение. В отличие от активной мощности, измеряемой в ваттах, реактивная мощность измеряется в вар – вольт-амперах реактивных. Итоговое значение реактивной мощности в разветвленных электрических цепях представляет собой алгебраическую сумму таких же мощностей у каждого элемента цепи с учетом их индивидуальных характеристик. Основной составляющей полной мощности является максимально возможная активная мощность при заранее известных токе и напряжении. При этом, $\cos \varphi$ равен 1, когда отсутствует сдвиг фаз между током и напряжением. В состав полной мощности входит и реактивная составляющая, что хорошо видно из формулы, представленной выше. Единицей измерения данного параметра служит вольт-ампер (ВА).

Контрольные вопросы и задание

1. Что характеризует активная, реактивная и полная мощности
2. Как определить реактивную мощность в цепи постоянного тока.
3. К чему стремится $\cos \varphi$ электродвигателя в режиме холостого хода.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 2

Тема: Трехфазные электрические цепи

Цель: Изучить трехфазные электрические цепи

Теоретическая часть

Трехфазные цепи переменного тока служат для обеспечения генерации, передачи и распределения электрической энергии. Данные цепи, как следует из их названия, строятся каждая из трех электрических подцепей, в каждой из которых действует синусоидальная ЭДС. ЭДС эти генерируются общим источником, имеют равные амплитуды, равные частоты, однако смещены по фазе друг относительно друга на 120 градусов или на $2/3$ пи (треть периода).

Каждая из трех цепей трехфазной системы именуется фазой: первая фаза – фаза "А", вторая фаза – фаза "В", третья фаза – фаза "С".

Начала этих фаз обозначаются соответственно буквами А, В и С, а концы фаз – Х, Y и Z. Данные системы отличаются экономичностью, в сравнении с однофазными; возможностью простого получения вращающегося магнитного поля статора для двигателя, доступностью двух напряжений на выбор — линейного и фазного.

Генератор трехфазного тока и асинхронные двигатели

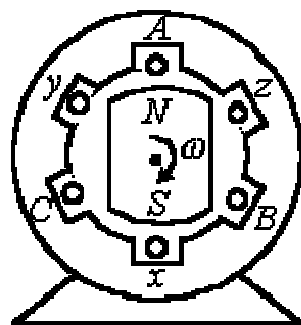


Рис.1

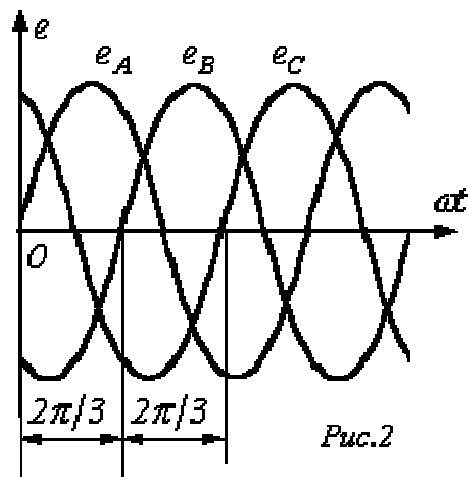


Рис.2

Итак, [трехфазный генератор](#) представляет собой синхронную электрическую машину, предназначенную для создания трех гармонических ЭДС, смещенных на 120 градусов по фазе (по сути - во времени) друг относительно друга.

На статоре генератора для этой цели установлена трехфазная обмотка, у которой каждая фаза состоит из нескольких катушек, причем магнитная ось каждой «фазы» обмотки статора физически в пространстве повернута на треть окружности относительно двух других «фаз».

Такое расположение обмоток позволяет получать от них систему трехфазных ЭДС в процессе вращения ротора. Ротором здесь служит постоянный электромагнит, возбуждаемый током обмотки возбуждения, расположенной на нем.

Турбина на электростанции вращает ротор с постоянной скоростью, магнитное поле ротора вращается вместе с ним, магнитные силовые линии пересекают проводники обмоток статора, в итоге получается система индуцированных синусоидальных ЭДС одинаковой частоты (50 Гц), смещенных друг относительно друга во времени на треть периода.

Амплитуда ЭДС определяется индукцией магнитного поля ротора и количеством витков в обмотке статора, а частота — угловой скоростью вращения ротора. Если принять начальную фазу обмотки А равной нулю, то для симметричных ЭДС трех фаз можно сделать запись в форме тригонометрических функций (фаза в радианах и в градусах):

$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) = E_m \sin(\omega t - 120)$$

$$e_C = E_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) = E_m \sin(\omega t - 240)$$

$$E_A = E_B = E_C = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = E \text{ - действующие значения равны}$$

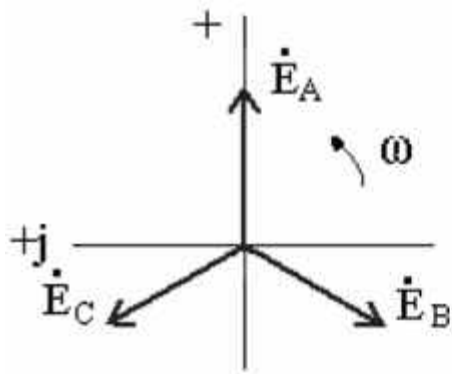
Кроме того возможна запись действующих значений ЭДС и в комплексной форме, а также изображение множества мгновенных значений в графическом виде (см.рис2):

$$\dot{E}_A = E e^{j0^\circ} = E$$

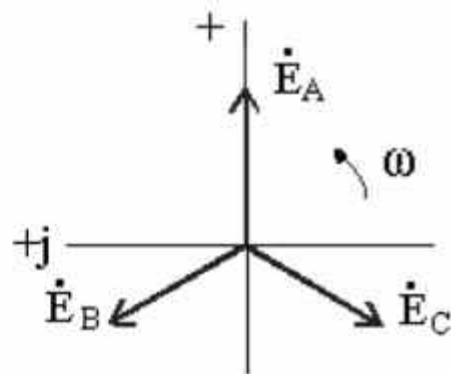
$$\dot{E}_B = E e^{-j120^\circ}$$

$$\dot{E}_C = E e^{-j240^\circ}$$

Векторные диаграммы отражают взаимный фазовый сдвиг трех ЭДС системы, причем в зависимости от направления вращения ротора генератора, направление чередования фаз будет различаться (прямое или обратное). Соответственно, направление вращения ротора подключенного к сети асинхронного двигателя будет разным:

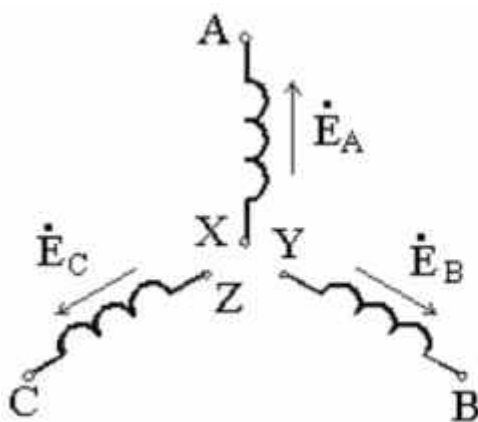


прямая последовательность



обратная последовательность

Если нет дополнительных оговорок, то подразумевается прямое чередование ЭДС в фазах трехфазной цепи. Обозначение начал и концов обмоток генератора - соответствующих фаз, а также направление действующих в них ЭДС, показано на рисунке (справа схема замещения):



обмотка статора

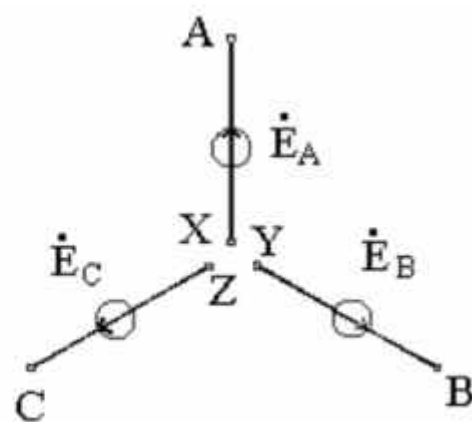


схема замещения

Контрольные вопросы и задание

1. На рис.2 покажите линейное и фазное напряжение

2. Что нужно сделать для изменения вращений ротора электродвигателя в трехфазной цепи
3. Нарисуйте векторную диаграмму ЭДС при смене начала и конца А и Х.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 3

Тема: Соединение приемника в звезду и треугольник

Цель: Изучить соединение приемника в звезду и треугольник

Теоретическая часть

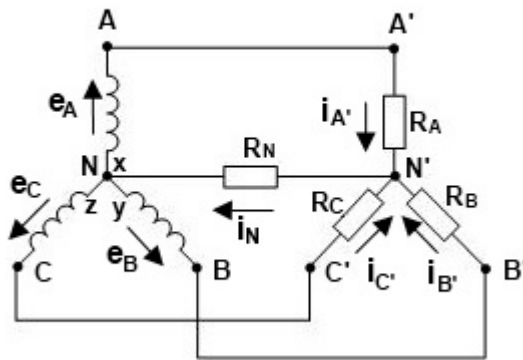
Соединение звездой

При соединении обмоток звездой все три фазы имеют одну общую точку – ноль. При этом такая система может быть трехпроводной или четырехпроводной. В последнем случае используется нулевой провод. Нулевой провод не нужен, если система симметрична, то есть токи в фазах такой системы одинаковы. Но если нагрузка несимметрична, то фазные токи различны, и в нулевом проводе возникает ток, который равен векторной сумме фазных токов

$$I_N = I_A + I_B + I_C$$

Также, нулевой провод может выступать в роле одной из фаз, если она выйдет из строя, это предотвратит выход из строя всей системы. Правда нужно учитывать, что нулевой провод не рассчитан на подобные нагрузки, и в целях экономии металла и изоляции он изготавливается под более малые токи, чем в фазах.

Звезда с нулевым проводом

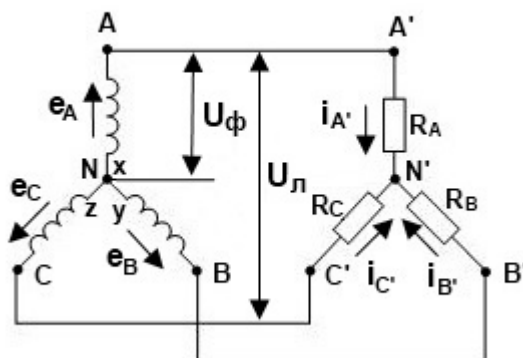


В трехфазных цепях существуют так называемые фазные и линейные напряжения и токи.

Фазное напряжение – это разность потенциалов между нулевой точкой и линейным проводом. То есть, проще говоря, фазное напряжение - это напряжение на фазе.

Линейное напряжение – это разность потенциалов между линейными проводами.

Звезда без нулевого провода



При соединении звездой фазные и линейные напряжения соотносятся как

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$$

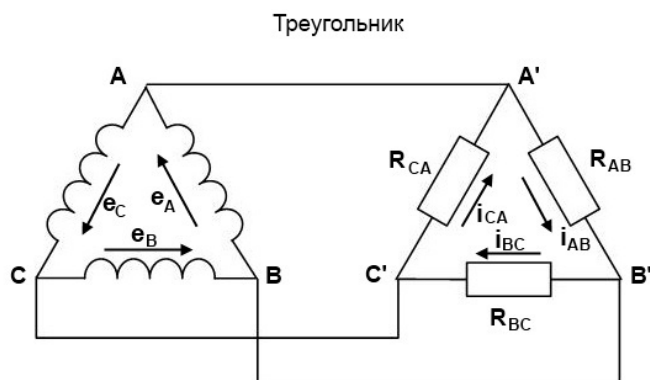
А фазные и линейные токи при симметричной нагрузке одинаковы

$$I_{\text{ф}} = I_{\text{л}}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что в симметричной трехфазной цепи при соединении фаз звездой напряжения отличаются друг от друга в 1,73 раз, а линейные и фазные токи равны.

Соединение треугольником

При соединении треугольником конец одной обмотки соединяется с началом другой. Таким образом, образуется замкнутый контур.



В таком соединении каждая фаза находится под линейным напряжением, то есть линейные и фазные напряжения равны

$$U_{\phi} = U_{л}$$

А фазные и линейные токи соотносятся как

$$I_{л} = \sqrt{3}I_{\phi}$$

Аналогичным способом, сделаем вывод для соединения треугольником: в симметричной трехфазной цепи при соединении фаз треугольником токи отличаются друг от друга в 1,73 раз, а линейные и фазные напряжения равны.

Контрольные вопросы и задание

1. При симметричной нагрузке ток в нулевом проводе равен 0. Чему равен ток при обрыве одной из фаз.

2. Чему равно напряжение относительно земли в точке N^1 на нагрузке в звезде без нулевого провода

3. Что произойдет при соединении нагрузки треугольником, если будет обрыв цепи R_{AB} а) нагрузка электролампы
б) нагрузка электродвигатель

Практическое занятие 4

Тема: Несимметричный режим трехфазной цепи

Цель: Изучить несимметричный режим трехфазной цепи

Теоретическая часть

Различают симметричный, несимметричный и аварийный режимы работы трехфазной цепи.

Трехфазная цепь является симметричной, если в ней комплексные сопротивления всех трех фаз одинаковы, т.е. если $\dot{Z}_A = \dot{Z}_B = \dot{Z}_C = Z e^{j\varphi}$. В противном случае они являются несимметричными. Равенство модулей указанных сопротивлений не является достаточным условием симметрии цепи. Так, например, трехфазный приемник, соединенный звездой, на рис. 2.18, *a* является симметричным, а на рис. 2.18, *б* – нет, даже при условии: $R = Z_L = Z_C$.

Если к симметричной трехфазной нагрузке приложена симметричная трехфазная система напряжений генератора, то в ней будет иметь место симметричная система токов. Такой режим работы трехфазной цепи называется *симметричным*. В этом режиме токи и напряжения соответствующих фаз равны по модулю и сдвинуты по фазе друг по отношению к другу на угол $2\pi/3$. Если в трехфазной системе при симметричной трехфазной системе напряжений генератора нагрузка несимметричная, то будет иметь место *несимметричный* режим работы трехфазной цепи.

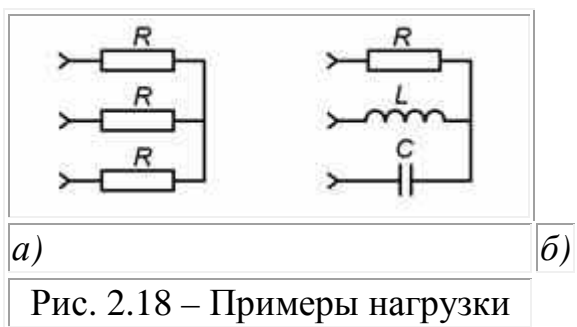


Рис. 2.18 – Примеры нагрузки

При расчете трехфазной цепи в симметричном режиме работы ее расчет осуществляется сначала для одной фазы – например фазы A , по результатам которого определяются соответствующие величины, токи и напряжения, в других фазах. Эти напряжения и токи по величине будут равны. Углы сдвига фаз также будут одинаковыми. Ток нейтрали I_0 будет равен нулю и напряжение между точками Nn (U_n – напряжение смещения нейтрали) также будет нулевым.

При несимметричном режиме эти расчеты необходимо производить для каждой фазы отдельно. В этом режиме за счет неравенства токов (их модулей и аргументов) появится ток $I_0 \neq 0$.

Для соединения трехфазной цепи в звезду возможны следующие аварийные режимы работы:

- 1) обрыв одной из фаз;
- 2) обрыв нулевого провода;
- 3) обрыв фазы и нуля;
- 4) короткое замыкание фазы при обрыве нулевого провода.

При обрыве одной фазы, работа нагрузкой этой фазы не совершается, и остальные нагрузки свои режимы работы не изменят. При этом нулевой провод будет нагружен дополнительно. Если нагрузки связаны и являются одним целым, то этот режим будет аварийным. Например, если нагрузка – асинхронный двигатель, то он будет в аварийном режиме и нулевой провод будет нагружен. Обрыв нулевого провода не всегда вызывает аварию в трехфазных цепях. Если нагрузка симметрична, то обрыв нулевого провода не изменит токов нагрузок, так как для симметричной нагрузки $I_0 = 0$. Для несимметричных нагрузок $I_0 \neq 0$, и поэтому такой режим может вызвать аварию.

Обрыв фазы и нулевого провода приводит к $I_0 = 0$ и к исчезновению одного фазного напряжения. Потребители оставшихся фаз оказываются включенными последовательно. Токи в этих фазах будут одинаковыми, а напряжения на них будут зависеть от сопротивлений нагрузок.

При *коротком замыкании одной из фаз и обрыве нулевого провода* напряжение этой фазы станет равно нулю. Нагрузка по току оставшихся фаз увеличится в $\sqrt{3}$ раз по отношению к исходному значению.

Контрольные вопросы и задание

1. Нарисуйте векторные диаграммы U и I для рис.2.18 а
2. Нарисуйте векторные диаграммы U и I для рис.2.18 б
3. Как будут соотноситься фазные U_A U_B U_C при несимметричной нагрузке R_A R_B R_C при четырехпроводной схеме.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 5

Тема: Общие сведения о электроснабжении

Цель: Изучить Общие сведения о электроснабжении

Теоретическая часть

В настоящее время нельзя представить себе жизнь и деятельность современного человека без электричества. Оно уже давно и прочно вошло во все отрасли народного хозяйства и быт людей. Основное достоинство электрической энергии — относительная простота производства, передачи, дробления и преобразования.

Потребление энергии в России (тепловой и электрической) сейчас составляет около 1 млрд т условного топлива (ТУТ) в год. Из них не возобновляемые источники (нефть, газ и пр.) дают 97,9 %. При переработке топлива образуются окислы вредных веществ (NO, CO, CH), нанося невосполнимый ущерб окружающей среде. Однако, несмотря на это, около 15 % населения и 70 % территории страны испытывают недостаток в электрической и тепловой энергии.

Проведенные исследования энерго- и ресурсосбережения показывают, что нетрадиционные возобновляемые источники энергии могут обеспечить всю потребность в энергоснабжении страны. Потенциал нетрадиционной энергетики очень перспективен: – ветроэнергетика — 2,0 млрд ТУТ в год; – солнечная энергетика — 2,3 млрд ТУТ в год; – малая гидроэнергетика — 125 млн ТУТ в год; – низкопотенциальное тепло — 105 млн ТУТ в год.

В настоящее время в связи с экологическими и топливными проблемами в России возобновляемые источники энергии начинают приобретать приоритетное значение. Для решения задач энергоснабжения Правительство РФ специальным постановлением от 24 января 1998 г. утвердило

Федеральную целевую программу «Энергоснабжение России» на 1998 — 2005 гг. Энергоснабжение страны будет осуществляться комплексно как электро- и теплоснабжение, с привлечением новейших разработок в области нетрадиционной энергетики.

Наиболее дешевым и доступным энергетическим ресурсом является ветер, поэтому целесообразно создать энергетические комплексы на основе ветроэлектростанций и тепловых машин с высоким КПД. Применение такого оборудования позволит существенно снизить как начальные капиталовложения, так и эксплуатационные затраты.

Современный город представляет собой сложный комплекс различных потребителей электрической энергии. Основная ее часть потребляется промышленностью (около 70%).

В последние годы область применения электроэнергии для коммунально-бытовых нужд, составляющая в среднем 20 % от общего потребления, заметно расширилась. В зависимости от величины города, климатических условий, уровня развития в нем промышленности и многих других факторов доля коммунально-бытовой нагрузки и удельное электропотребление (на одного жителя или на 1 м² жилой площади) могут меняться в широких пределах.

Согласно генеральному плану реконструкции и развития города в Москве ежегодно строится более 3 млн м² жилья. Использование самых современных энергосберегающих строительных технологий позволяет добиться суммарного (тепло плюс электричество) потребления энергии жилым домом 50 Вт/м² (МГСН 2.01—99) или 150 МВт дополнительной мощности на все вновь построенное жилье. Для обеспечения этого количества энергии необходимо 510 МВт тепловой мощности или 307 млн м³ природного газа, что соответствует 386 тыс. ТУТ.

В системе электроснабжения объектов можно выделить три вида электроустановок: – по производству электроэнергии — электрические станции; – по передаче, преобразованию и распределению электроэнергии — электрические сети и подстанции; – по потреблению электроэнергии в производственных и бытовых нуждах — приемники электроэнергии.

Электрической станцией называется предприятие, на котором вырабатывается электрическая энергия. На этих станциях различные виды энергии (энергия топлива, падающей воды, ветра, атомная и др.) с помощью электрических машин, называемых генераторами, преобразуются в электрическую энергию.

В зависимости от используемого вида первичной энергии все существующие электрические станции разделяют на следующие основные группы: тепловые, гидравлические, атомные, ветряные и др.

Приемником электроэнергии называется электрическая часть производственной установки, получающая электроэнергию от источника и преобразующая ее в механическую, тепловую, световую энергию, энергию электростатического и электромагнитного полей.

По технологическому назначению приемники электроэнергии классифицируются в зависимости от вида энергии, в который данный приемник преобразует электрическую энергию: электродвигатели приводов машин и механизмов; электротермические установки; электрохимические установки; установки электроосвещения; установки электростатического и электромагнитного поля, электрофильтры; устройства искровой обработки, контроля и испытания изделий (рентгеновские аппараты, установки ультразвука и т.д.). Электроприемники характеризуются номинальными параметрами: напряжением, током, мощностью и др.

Совокупность электроприемников производственных установок цеха, корпуса, предприятия, присоединенных с помощью электрических сетей к общему пункту электропитания, называется электропотребителем.

Совокупность электрических станции, линий электропередачи, подстанций, тепловых сетей и приемников, объединенных общим и непрерывным процессом выработки, преобразования, распределения тепловой и электрической энергии, называется энергетической системой. Единая энергетическая система (ЕЭС) объединяет энергетические системы отдельных районов, соединяя их линиями электропередачи.

Часть энергетической системы, состоящая из генераторов, распределительных устройств, повышающих и понижающих подстанций, линий электрической сети и приемников электроэнергии, называют электроэнергетической системой.

Электрической сетью называется совокупность электроустановок для передачи и распределения электроэнергии, состоящая из подстанций и распределительных устройств, которые соединены линиями электропередачи, и работающая на определенной территории.

Электрическая сеть объекта электроснабжения, называемая системой электроснабжения объекта, является продолжением электрической системы. Система электроснабжения объекта объединяет понижающие и преобразовательные подстанции, распределительные пункты, электроприемники и ЛЭП.

Прием, преобразование и распределение электроэнергии происходят на подстанции — электроустановке, состоящей из трансформаторов или иных преобразователей электроэнергии, распределительных устройств, устройств управления, защиты, измерения и вспомогательных устройств.

Распределение поступающей электроэнергии без ее преобразования или трансформации выполняется на распределительных подстанциях (РП).

Электрические сети подразделяются по следующим признакам.

1. Напряжение сети. Сети могут быть напряжением до 1 кВ — низковольтными, или низкого напряжения (НН), и выше 1 кВ — высоковольтными, или высокого напряжения (ВН).

2. Род тока. Сети могут быть постоянного и переменного тока. Электрические сети выполняются в основном по системе трехфазного переменного тока, что является наиболее целесообразным, поскольку при этом электроэнергия может трансформироваться. При большом числе

однофазных приемников от трехфазных сетей делают однофазные ответвления. Принятая частота переменного тока в ЕЭС России равна 50 Гц.

3. Назначение. По характеру потребителей и в зависимости от назначения территории, на которой они находятся, различают сети в городах, сети промышленных предприятий, сети электрического транспорта, сети в сельской местности. Кроме того, имеются районные сети, служащие для соединения крупных электрических станций и подстанций на напряжении выше 35 кВ; сети межсистемных связей, предназначенные для соединения крупных электроэнергетических систем на напряжении 330, 450 и 500 кВ.

Вместе с тем применяют понятия «питающие сети» и «распределительные сети».

4. Конструктивное выполнение сетей. Линии могут быть воздушными, кабельными и токопроводами. Подстанции могут быть открытыми и закрытыми.

Примерная схема относительно простой электроэнергетической системы приведена на рис. 17.1. Здесь электрическая энергия, вырабатываемая на двух электростанциях различных типов — тепловой электростанции (ТЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) — подводится к потребителям, удаленным друг от друга. Для того чтобы передать электроэнергию на расстояние, ее предварительно преобразовывают, повышая напряжения трансформаторами. У мест потребления электроэнергии напряжение понижают до нужной величины. Из схемы можно понять, что электроэнергия передается по воздушным линиям. Схема представлена в однолинейном изображении.

В действительности элементы системы, работающие на переменном токе, имеют трехфазное исполнение. Однако для выявления структуры системы и анализа ее работы нет необходимости в ее трехфазном изображении, вполне достаточно однолинейного.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается задача энергоснабжения?
2. По каким признакам подразделяются электрические сети?
- 3 Нарисуйте схему энергосистемы.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие № 6

Тема: Типовые подстанции

Цель: Ознакомление с типовыми подстанциями.

Теоретическая часть

Подстанцией называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов, распределительных устройств, устройств управления, защиты и измерения. В зависимости от потребляемой мощности и удаленности от источника питания различают следующие виды подстанций: узловая распределительная; главная понизительная; глубокого ввода; трансформаторный пункт.+

Узловой распределительной подстанцией (УРП) называется центральная подстанция на напряжение 110... 220 кВ, получающая электроэнергию от энергосистемы и распределяющая ее (без трансформации или с частичной трансформацией) по подстанциям глубокого ввода напряжением 35...220 кВ на территории предприятия.

Главной понизительной подстанцией (ГПП) называется подстанция на напряжение 35...220 кВ, получающая питание непосредственно от районной энергосистемы и распределяющая электроэнергию при более низком напряжении по всему предприятию.

Подстанцией глубокого ввода (ПГВ) называется подстанция на напряжение 35...220 кВ, выполненная обычно по упрощенным схемам коммутации на стороне первичного напряжения, получающая питание непосредственно от энергосистемы или центрального распределительного пункта данного предприятия и предназначенная для питания отдельного объекта или группы электроустановок предприятия. Схемы электроснабжения с ПГВ, называются схемами с глубоким вводом.



Трансформаторным пунктом (ТП) называется подстанция с первичным напряжением 6, 10 или 35 кВ, непосредственно питающая приемники электроэнергии напряжением 400 и 230 В. Подстанции, целиком состоящие из комплектных узлов, называются **комплектными подстанциями (КТП)**. Подстанции энергосистемы, предназначенные для электроснабжения районов, в которых находятся промышленные предприятия, городские, сельскохозяйственные и другие потребители электроэнергии, называются районными подстанциями. Первичное напряжение районных подстанций составляет 750, 500, 330, 220, 150 или 110 кВ, а вторичное — 220, 150, 110, 35, 20, 10 или 6 кВ. Районные подстанции служат узловыми точками сети энергосистемы, от которых электроэнергия передается далее потребительским подстанциям. На районных подстанциях

осуществляется понижение напряжения до 35 (110) или 6 (10) кВ, а в отдельных случаях — до 20 кВ. Питание мощных и удаленных потребителей осуществляется от районных подстанций по линиям напряжением 35 (110), а также 220 кВ. При близком расположении потребителей от районной подстанции их питание осуществляется по линии напряжением 6, 10 и 20 кВ.

Электрические подстанции служат для приема, преобразования и распределения электроэнергии, выполняются на все ступени напряжения, могут быть повышающими если находятся в непосредственной близости от электростанций и преобразуют для передачи от них в сеть электроэнергию более высокого напряжения) или понижающими (к ним относится подавляющее число подстанций, от которых осуществляется электроснабжение потребителей).

Назначение, мощность и уровни напряжения электрической подстанции определяются схемой и конфигурацией электрической сети, в которой она эксплуатируется, характером и нагрузками присоединенных потребителей электроэнергии.

Различают в основном следующие виды электрических подстанций:

тупиковые (концевые);

ответвительные, присоединенные к проходящим вблизи ВЛ;

промежуточные, служащие для питания своих потребителей;

транзитные (в большом числе случаев — узловые), предназначенные не только для питания потребителей, но и для передачи потоков мощности в смежные сети своей и соседних энергосистем;

преобразовательные — для передачи и приема электрической мощности на постоянном токе;

тяговые — для питания электротяговых сетей.

Конструктивно распределительные устройства электрических подстанций могут выполняться открытыми (основное оборудование располагается на открытом воздухе) или закрытыми (в городских условиях, в местах с неудовлетворительными условиями окружающей среды), по своей ведомственной принадлежности подстанции находятся в ведении энергосистем или промышленных и других потребителей электроэнергии.

Электрические подстанции переменного тока с высшим напряжением 330, 500, 750 кВ, 150 кВ и некоторая часть подстанций 220 кВ с развитой схемой электрических соединений, оснащенные синхронными компенсаторами 50—100 МВ-А и выше с открытым распределительным устройством, большим числом трансформаторов, выключателей и другого оборудования высокого напряжения, размещаются на больших площадях, требуют присутствия постоянного дежурного персонала высокой квалификации и широко развитой дистанционной и телемеханической информации. С помощью этих подстанций, как правило, осуществляются межсистемные связи, образующие объединенные и Единую энергосистемы.

Подстанции постоянного тока с высшим напряжением 800 и 1500 кВ с большим количеством сложного преобразовательного оборудования пока немногочисленны. Однако в дальнейшем их значение существенно

повысится. Закрытые подстанции глубокого ввода с высшим напряжением 110 - 220 кВ, строительство которых осуществляется в густонаселенных районах крупных городов, где под строительство могут быть выделены только ограниченные площади и где сосредоточены значительные коммунально-бытовые и промышленные нагрузки. На таких подстанциях предусматривают постоянное дежурство и необходимые меры по ограждению населения от шума, создаваемого работающими трансформаторами и другим оборудованием.

Электрические подстанции 35, 110 и 220 кВ с упрощенной схемой электрических соединений, часто без выключателей на стороне высшего напряжения, с комплектными распределительными устройствами низшего напряжения (КРУ, КРУН и др.), у которых аппаратура управления, защиты, сигнализации и автоматики расположена на лицевой стороне их шкафов и не требует специального щитового помещения.

Эти подстанции не нуждаются в постоянном дежурном персонале, обслуживаются оперативными выездными бригадами (ОВБ) или дежурными на дому и по количеству составляют большинство среди подстанций данного типа (для облегчения обслуживания и диспетчерского контроля подстанции оснащают соответствующими устройствами связи и телемеханики).

Подстанции 6 - 10 кВ городского, поселкового и сельского назначения, обслуживаемые оперативно-выездными бригадами. Принципиальная схема распределения электроэнергии от электростанции на напряжениях 10 и 35 кВ. Рис. 1. Принципиальная схема распределения электроэнергии от электростанции на напряжениях 10 и 35 кВ. На схеме рис. 1 показано, что две параллельные линии электропередачи Л-7 и Л-8 питают районную (городскую, промышленную) понижающую трансформаторную подстанцию П-7 на вторичное напряжение 10 кВ, от которой в свою очередь питаются понижающие подстанции потребителей — П-8, П-9, П-10 и др. От шин этих подстанций питаются электроприемники (как от шин подстанции П-1, П-2 и П-3). Питание понижающих подстанций непосредственно от сборных шин станций или районных подстанций (подстанции П-1, П-2, П-3, П-8, П-9) целесообразно только при достаточно мощных и ответственных подстанциях. Группы небольших подстанций обычно целесообразнее питать от распределительных пунктов (РП), получающих питание от шин станции или районной подстанции. На распределительном пункте электроэнергия не трансформируется, так как он предназначен только для распределения электроэнергии между отдельными понижающими подстанциями. От РП могут питаться подстанции городской электросети, цеховые подстанции и даже общезаводские подстанции. Возможно питание нескольких подстанций от одной линии без сооружения РП, как это показано для подстанций П-10, П-11 и П-12. В обоих случаях уменьшаются число линий, отходящих от сборных шин станции или районной подстанции, и затраты на сооружение сети. Подстанции П-10 и П-11 являются проходными, все остальные — тупиковыми, конечными. Питание подстанций одиночными линиями, например питание подстанции П-1 линией Л-1, не обеспечивает

бесперебойности электроснабжения, так как авария на линии или отключение ее для ремонта приводят к длительному прекращению питания потребителей подстанции. Для предотвращения этого резервируют питание подстанций, например, путем сооружения двух питающих линий: линий Л-3 и Л-4, питающих подстанцию П-3; линий Л-3 и Л-6, питающих РП, и др. В случае отключения одной из линий питание соответствующей подстанции бесперебойно продолжается по второй линии.

Контрольные вопросы и задания:

- 1 Дать определение ПС.
- 2 Какие разновидности ПС бывают ?
- 3 Нарисуйте схему двух типов ПС.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие № 7

Тема: Схемы и основное электрооборудование понизительных подстанций

Цели: Ознакомление со схемами и основным электрооборудование понизительных подстанций

Теоретическая часть

Главные понизительные подстанции, питающие крупные промышленные предприятия, включают в себя распределительные устройства на напряжение 35...220 и 6 (10) кВ, главные трансформаторы на напряжение 35...220/6 (10) кВ, трансформаторы собственных нужд на напряжение 6 (10)/0,4 кВ, конденсаторные батареи напряжением 6 (10) кВ, шиты управления электроснабжением, мастерские и т.д.

На ГПП, как правило, устанавливают два одинаковых трансформатора на 35...220/6 (10) кВ. Необходимость двух трансформаторов обусловлена тем, что на современных промышленных предприятиях преобладают нагрузки второй категории и обычно имеются нагрузки первой категории, для питания которых необходимо иметь два независимых источника. Установка более двух трансформаторов неэкономична и применяется в основном лишь при расширении предприятия. Главные понизительные подстанции размещают вблизи центра нагрузки.

При установке на ГПП двух трансформаторов, питаемых от разных линий электропередачи, создается возможность применения надежных и высокоэкономичных упрощенных схем: блока линия 35...220 кВ —

трансформатор ГПП и блока линия на 35... 220 кВ — трансформатор ГПП — токопровод на 6 (10) кВ. Эти схемы не содержат сборных шин и выключателей на стороне первичного напряжения ГПП, а на стороне вторичного напряжения 6 (10) кВ обычно имеют одиночную секционированную систему шин или токопроводы от каждого трансформатора. Одно- трансформаторные ГПП можно применять при наличии возможности обеспечить резервное питание нагрузок первой и второй категорий по сети напряжением 6 (10) кВ от соседних подстанций или ТЭЦ. Экономичность этих схем и индустриализация монтажа подстанций возросли в связи с изготовлением последних на заводе в виде блочных подстанций типа КТПБ.

На рис. 1 приведена схема ГПП напряжением 35... 220/6 (10) кВ для предприятия средней мощности, получающего электроэнергию от энергосистемы по двум радиальным линиям ВЛ I и ВЛ12. Трансформаторы 77, 72 подключают к линиям только через разъединители QSJ, QS2 РЛНД (разъединитель с линейным контактом, наружной установки, двухколонковый), так как при радиальной схеме нет необходимости в отделителях. Перемычка между цепями напряжением 35... 220 кВ, позволяет питать каждый трансформатор не только от своей, но и от другой линии. По условиям ремонта в перемычку включают последовательно два разъединителя (на схеме QS3, QS4). Согласно СН 174-75, следует применять в основном схему без перемычки напряжением 35... 220 кВ, но допускается использование ее в тех случаях, когда по условиям работы ГПП возникает необходимость в питании двух трансформаторов от одной линии, например при загрузке трансформаторов свыше 70 %, когда при отключении одного из них нагрузка другого превышает 140%. На вводах к трансформаторам устанавливают короткозамыкатели QK1, QK2: в сетях с глухозаземленной нейтралью — в одной фазе, в сетях с изолированной нейтралью — в двух. Короткозамыкатель автоматически включается при срабатывании релейной защиты в результате внутренних повреждений в трансформаторе ГПП, к которым нечувствительна защита с помощью головных выключателей линий ВЛ11 и ВЛ12 энергосистемы. При включении короткозамыкателя создается искусственное короткое замыкание на входах высшего напряжения (ВН) трансформатора. На такое короткое замыкание реагирует релейная защита линии в системе и отключает соответствующую линию.

Двухобмоточные трансформаторы ГПП имеют схему соединения обмоток У/Д-11 или Y0/A-1 1. Включение нейтралей трансформаторов 110...220 кВ на землю осуществляется через однополюсные разъединители QS5, QS6 типа ЗОН. Последние включают не всегда. Число включенных на землю нейтралей регулируют так, чтобы ток одно- и двухфазного коротких замыканий на землю не превышал установленные пределы. Для защиты изоляции трансформаторов от пробоя при возникновении перенапряжения в период работы с

разземленной нейтралью предусмотрены разрядники FV2, FV3 в нейтрали. Кроме того, разрядники устанавливают на вводе ВН трансформаторов во всех трех фазах для защиты от набегающих по линиям волн перенапряжений (на схеме FV1, FV4).

Трансформаторы ГПП подключают к сборным шинам вторичного напряжения 6 (10) кВ через масляные выключатели QF1 и QF2 и разъединители QS7 и QS8. Если требуется ограничение тока короткого замыкания в сети предприятия напряжением 6 (10) кВ, то между выключателями и разъединителями ввода включают трехфазные бетонные реакторы LR1, LR2.

На рис. 2 показаны схемы подключения вводов трансформаторов ГПП к сборным шинам распределительного устройства напряжением 6 (10) кВ. Схему *a* применяют при установке трансформаторов мощностью до 25 МВ · А. При большей мощности трансформаторов обычно требуются мероприятия по

ограничению токов короткого замыкания. При мощности трансформатора 40 МВ · А применяют схемы бив, при мощности 63 МВ · А рекомендуются схемы гид. Если же мощность трансформатора достигает 80 МВ · А, то применяют схемы *e*, *ж*, *з*.

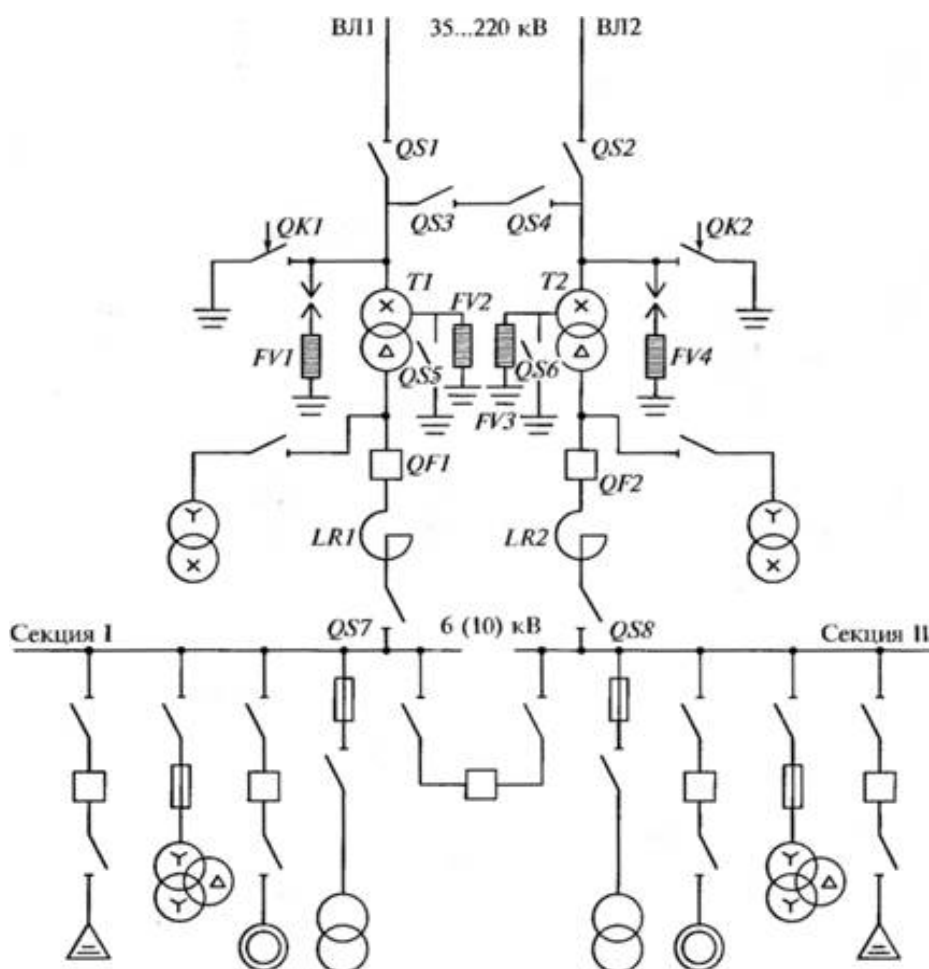


Рис. 1. Схема ГПП напряжением 35...220/6 (10) кВ с секционированной системой шин на стороне напряжения 6 (10) Кв

На вводах к трансформаторам устанавливают короткозамыкатели QK1, QK2: в сетях с глухозаземленной нейтралью — в одной фазе, в сетях с изолированной нейтралью — в двух. Короткозамыкатель автоматически включается при срабатывании релейной защиты в результате внутренних повреждений в трансформаторе ГПП, к которому нечувствительна защита с помощью головных выключателей линий ВЛ11 и ВЛ2 энергосистемы. При включении короткозамыкателя создается искусственное короткое замыкание на вводах высшего напряжения (ВН) трансформатора. На такое короткое замыкание реагирует релейная защита линии в системе и отключает соответствующую линию.

Двухобмоточные трансформаторы ГПП имеют схему соединения обмоток У/Д-11 или У0/А-1. Включение нейтралей трансформаторов 110...220 кВ на землю осуществляется через однополюсные разъединители QS5, QS6 типа ЗОН. Последние включают не всегда. Число включенных на землю нейтралей регулируют так, чтобы ток одно- и двухфазного коротких замыканий на землю не превышал установленные пределы. Для защиты изоляции трансформаторов от пробоя при возникновении перенапряжения в период работы с разземленной нейтралью предусмотрены разрядники FV2, FV3 в нейтралю. Кроме того, разрядники устанавливают на вводе ВН трансформаторов во всех трех фазах для защиты от набегающих по линиям волн перенапряжений (на схеме FV1, FV4).

Трансформаторы ГПП подключают к сборным шинам вторичного напряжения 6 (10) кВ через масляные выключатели QF1 и QF2 и разъединители QS7 и QS8. Если требуется ограничение тока короткого замыкания в сети предприятия напряжением 6 (10) кВ, то между выключателями и разъединителями ввода включают трехфазные бетонные реакторы LR1, LR2.

На рис. 2 показаны схемы подключения вводов трансформаторов ГПП к сборным шинам распределительного устройства напряжением 6 (10) кВ. Схему *a* применяют при установке трансформаторов мощностью до 25 МВ · А. При большей мощности трансформаторов обычно требуются мероприятия по

ограничению токов короткого замыкания. При мощности трансформатора 40 МВ · А применяют схемы бив, при мощности 63 МВ · А рекомендуются схемы гид. Если же мощность трансформатора достигает 80 МВ · А, то применяют схемы *e*, *ж*, *з*.

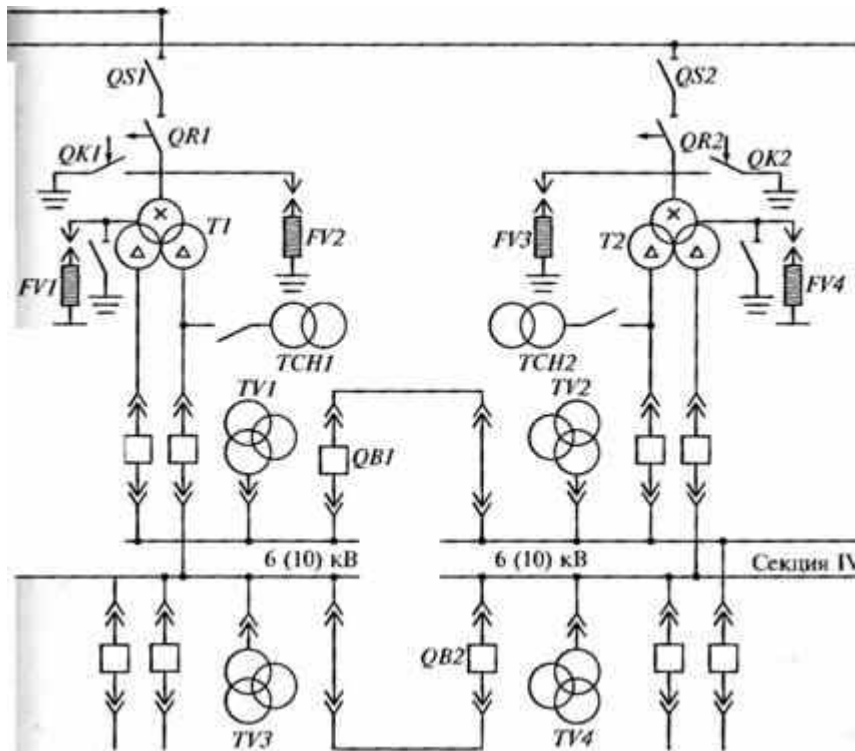
К вводам подключаются трансформаторы собственных нужд подстанции для обеспечения питания приемников собственного расхода, в том числе приводов масляных выключателей, независимо от состояния сборных шин напряжением 6 (10) кВ ГПП.

Сборные шины напряжением 6 (10) кВ распределительных устройств ГПП секционируют выключателем. Благодаря этому при повреждении или ремонте сборных шин отключается только одна

секция и все основные электроприёмники получают питание от другой секции. При внезапном исчезновении напряжения на одной секции, например при отключении питающей линии, с помощью устройств АВР включается секционный выключатель, обеспечивая питание секции. Секционный выключатель выбирают по нагрузке одной секции шин, а выключатель ввода трансформатора — по нагрузке двух секций в послеаварийном режиме ГПП. Для ограничения токов короткого замыкания секционный выключатель нормально отключен.

Схема ГПП предприятия средней мощности, получающего электроэнергию по отпайкам от двух магистральных линий. В этом случае необходимы отделители QR1, QR2 для отключения поврежденного трансформатора ГПП от магистрали. Отключение отделителя происходит автоматически в период бестоковой паузы между моментом отключения головного выключателя магистрали после включения короткозамыкателя (QK1, QK2) и моментом повторного включения головного выключателя линии под действием устройств АГ1В.

Трансформаторы мощностью 25 МВ А и более имеют расщепленную вторичную обмотку. Растепление обмотки представляет собой эффективный способ ограничения токов короткого замыкания в электросети предприятия. Для этой же цели применяется групповое реактирование обычными и сдвоенными реакторами, включаемыми в цепь выводов трансформатора. Применявшееся ранее индивидуальное реактирование каждой отходящей линии не рекомендуется по соображениям



компоновки и экономии оборудования.

Секция III

Рис. 2. Схема ГПП напряжением 35...220/6 (10) кВ с четырьмя секциями сборных шин напряжением 6 (10) кВ:

ТСШ, ТСН2— трансформаторы собственных нужд;

TV1—TV4— трансформаторы напряжения

В схеме,

показанной на рис. 2, каждая вторичная обмотка обоих трансформаторов подключена к отдельной секции шин напряжением 6

(10) кВ. Все четыре секции одной системы сборных шин работают отдельно, но при выходе из работы одного трансформатора вся нагрузка автоматически переводится на другой включением секционных выключателей QV1 и QV2 под действием устройств АВР. В распределительном устройстве данной подстанции установлены ячейки КРУ с масляными выключателями QF типа ВМП напряжением 6(10) кВ. Выкатные масляные выключатели имеют втычные контакты, поэтому нет необходимости в разъединителях. Конденсаторные батареи, измерительные трансформаторы напряжения предусматриваются на каждой секции шин, так как их режим регулируется самостоятельно и напряжения секций могут существенно различаться.

Если передаваемая от одной секции мощность составляет 25 МВ А и более, а потребители расположены по одной трассе, то эффективно применение магистральной схемы питания с токопроводами. Шинные и гибкие токопроводы напряжением 6... 10 кВ выполняют одновременно роль сборных шин и распределительных линий.

Рассмотренные примеры не отражают всего многообразия схем ГПП, применяемых на разных предприятиях. Так, для открытых подстанций напряжением 35 (110) кВ, не имеющих нагрузок первой категории, с трансформаторами мощностью до 6300 кВ -А применяются схемы с разъединителями и стреляющими предохранителями напряжением 35 (110) кВ на вводе ВН. При этом отпадает необходимость в выключателях или отделителях с короткозамыкателями на стороне первичного напряжения подстанции.

При сооружении мощных ГПП на небольшом (несколько километров) расстоянии от районных подстанций или электростанций можно отказаться от установки каких-либо коммутационных аппаратов (за исключением разъединителей) на вводе напряжением 35...220 кВ к главным трансформаторам. Функции защиты и отключения трансформаторов, так же как и линий, передаются головному выключателю питающей ГПП линии. При срабатывании релейной защиты трансформатора ГПП отключающий импульс передается на головной выключатель линии по высокочастотным каналам или специально построенной для этого линии связи.

Если подстанция сооружается в зоне повышенного загрязнения, то следует применять самые простые схемы коммутации с минимально возможным количеством аппаратуры и изоляции наружной установки. Рационально использование в таких условиях трансформаторов с кабельными вводами линии

непосредственно в бак трансформатора. Тогда вообще отпадает необходимость в открытой изоляции. При этом защиту следует осуществлять с передачей отключающего импульса на головной выключатель линии. В отдельных случаях выгоднее строить закрытые распределительные устройства (ЗРУ) напряжением 35 (110) кВ. Открытые распределительные устройства (ОРУ) напряжением 35... 220

кВ в условиях загрязнения делают с усиленной изоляцией. В ОРУ напряжением 35 кВ в загрязненной среде ставят изоляторы на напряжение 110 кВ, а в ОРУ напряжением 110 кВ — изоляторы на напряжение 150...220 кВ. Не рекомендуется в зонах загрязнения применять комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) напряжением 6 (10) кВ, так как они не обеспечивают достаточной защиты изоляции от загрязнения газами, аэрозолями.

Согласно СН 174-75, при напряжении 110 кВ и выше в условиях нормальной окружающей среды применяют открытые подстанции, а при напряжении 35 кВ — как открытые, так и закрытые. В условиях повышенного загрязнения, а также на Крайнем Севере рекомендуется применение ЗРУ напряжением 35...220 кВ с открытой установкой трансформаторов при усиленной изоляции вводов.

На рис. 3 приведена конструктивная схема открытой подстанции напряжением 110/6 кВ без выключателей с применением короткозамыкателей и отделителей.

В ОРУ напряжением 35... 220 кВ все электрооборудование выбирается для наружной установки и монтируется по условиям безопасности обслуживания на высоте 2,5 м над уровнем земли. Выше располагаются сборные шины ОРУ. Третий ярус образуют переходы над сборными шинами и проводами отходящих линий. Поэтому на ОРУ требуется довольно много высоких стальных опор для сооружения порталов, молниеотводов и металлических конструкций для изготовления искусственного заземляющего устройства.

Значительная экономия территории и материалов получается в случае применения блочных подстанций напряжением 35 (110) кВ типа КТПБ с ОРУ типа КРУБ.

Контрольные вопросы

1. Дать определение ГПП .
2. Какие разновидности РУ бывают ?
- 3 Нарисуйте схемы двух типов ПС.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 8

Тема: Общие требования к электроприемникам

Цель: Изучить общие требования к электроприемникам

Теоретическая часть

Системы электроснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать следующее:

- экономичность;
- надежность электроснабжения;
- безопасность и удобство эксплуатации;
- качество электрической энергии;
- гибкость системы (возможность дальнейшего развития),
- максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей.

Выбор системы электроснабжения промышленного предприятия должен осуществляться на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов. При создании системы электроснабжения необходимо учитывать категорию приемников электроэнергии. При определении категории следует руководствоваться требованиями ПУЭ [3]. При этом надо избегать необоснованного отнесения электроприемников к более высокой категории. Электроприемники и отделения цехов разной категории рассматриваются как объекты с разными условиями резервирования.

Надежность электроснабжения потребителя обеспечивается требуемой степенью резервирования. Электроприемники первой и второй категорий должны иметь резервные источники питания. Резервирование необходимо для продолжения работы основного производства в после-аварийном режиме. Питание электроприемников третьей категории не требует резервирования.

В соответствии с ПУЭ для электроприемников первой категории должны предусматриваться два независимых взаимно резервируемых источника питания.

В ряде электроприемников первой категории необходимо выявлять наиболее ответственные (особая группа приемников). Для них предусматривается третий независимый источник питания. В качестве третьего источника питания для особой группы и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы собственные электростанции или электростанции энергосистемы (в частности, шины генераторного напряжения), агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п. Назначение третьего независимого источника питания — обеспечение безаварийного останова производства. Завышение мощности третьего источника в целях использования его для продолжения работы производства при отключении двух основных независимых источников питания может быть допущено только при выполнении в проекте технико-экономического обоснования.

Схема электроснабжения электроприемников особой группы первой категории должна обеспечивать:

- постоянную готовность третьего независимого источника к включению и автоматическое его включение при исчезновении напряжения на обоих основных источниках питания;
- перевод независимого источника питания в режим горячего резерва при выходе из строя одного из двух основных источников питания (в обоснованных случаях может быть допущено ручное включение третьего независимого источника питания).

Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервируемых источников питания. Ко второй категории следует относить только такое технологическое оборудование, без которого невозможно продолжение работы основного производства на время послеаварийного режима.

Для правильного решения вопросов надежности необходимо различать аварийный и послеаварийный режимы работы. Систему электроснабжения следует строить таким образом, чтобы она в послеаварийном режиме обеспечивала функционирование основных производств предприятия после необходимых переключений. Мощности независимых источников питания в послеаварийном режиме определяются по степени резервирования системы. При этом используются все дополнительные источники и возможности резервирования.

Схема электроснабжения должна обеспечивать необходимое качество электрической энергии в соответствии с ГОСТ 13109—97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». На промышленных предприятиях могут быть установлены электроприемники с резкопеременными графиками нагрузок (приводы прокатных станов, дуговые электрические печи), однофазные электроприемники (электротермические и сварочные установки, освещение), электроприемники, нарушающие синусоидальность токов и напряжений (преобразователи всех типов, дуговые электрические печи и т. п.). Это приводит к возникновению колебаний напряжения, к нарушению симметрии токов и напряжений, к появлению высших гармонических составляющих токов и напряжений. Снижение качества электрической энергии приводит к дополнительным потерям энергии, уменьшает пропускную способность электрических сетей, приводит к сокращению срока службы электрооборудования, электрических машин, конденсаторных установок и т. д.

Качество электрической энергии может быть достигнуто:

- применением повышенных напряжений в питающих и распределительных сетях и приближением источников питания к электроприемникам (для электроприемников с резкопеременной нагрузкой);
- уменьшением реактивного сопротивления элементов схемы от источников питания до электроприемников с резкопеременной нагрузкой;
- включением на параллельную работу вторичных обмоток трансформаторов, питающих резкопеременную нагрузку;
- применением глубоких вводов напряжением 35 кВ и выше для питания крупных дуговых электропечей, главных электроприводов прокатных станов, преобразовательных установок большой мощности и т. д. или питания таких электроприемников от отдельных линий непосредственно от энергосистемы, ГПП или ПГВ;
- применением симметрирующих устройств, фильтров высших гармоник, быстродействующих синхронных компенсаторов для выравнивания графиков электрических нагрузок и осуществлением других мероприятий, уменьшающих вредное воздействие электроприемников на системы электроснабжения.

Трансформаторные и распределительные подстанции следует максимально приближать к электроустановкам потребителей электроэнергии, сокращая число ступеней трансформации путем внедрения глубоких вводов, повышенных напряжений питающих и распределительных сетей, дальнейшего развития принципа разукрупнения подстанций, внедрения магистральных токопроводов.

Контрольные вопросы и задание

1. Электроприемники каких категорий должны иметь резервные источники питания.
2. Как может быть достигнуто качество электрической энергии
3. Что такое глубокий ввод

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 9

Тема: Принципы построения городских и промышленных электрических сетей

Цель: Изучить принципы построения городских и промышленных электрических сетей

Теоретическая часть

Рационально построенная электрическая сеть должна обеспечивать нормативные уровни надежности электроснабжения потребителей, нормированное качество электроэнергии, электробезопасность элементов сети, минимальные затраты на их обслуживание и ремонт. Кроме того, при

построении электросети должны быть учтены перспективный рост электрических нагрузок и возможность ее автоматизации. Анализ различных принципов построения электрических сетей, используемых в системах электроснабжения городов, промышленных предприятий, не только в нашей стране, но и за рубежом показал, что ряд широко распространенных электрических схем без внесения в них существенных изменений, учитывающих специфику сельскохозяйственных потребителей, неприемлем для электроснабжения сельских потребителей. Наиболее эффективен для электрических сетей напряжением 10 кВ, сооружаемых в средней полосе европейской части Российской Федерации, магистральный принцип построения, характеризующийся петлевой схемой с ответвлением. Для осуществления перехода от радиальной схемы построения сети к магистральной на ВЛ 10 кВ выделяется главное направление (магистраль) — от шин одной подстанции до шин другой подстанции. На магистрали устанавливают устройство автоматического включения резерва, секционирующие аппараты и ликвидируют лишние переключатели. Магистральная ВЛ 10 кВ должна иметь только один источник питания, при этом сокращается количество нерезервируемых ответвлений, которые сводятся в узлы. В этих узлах удобно создавать пункты управления близлежащим участком сети. Такими пунктами могут служить опорные трансформаторные подстанции (ОТП) 10/0,4 кВ, подсоединяемые в расщепку магистрали и имеющие развитое распределительное устройство 10 кВ или распределительные пункты (РП). Последние в дальнейшем могут быть использованы как распределительные пункты 10 кВ понижающей подстанции 35(110)/10кВ.

В ОТП и РП размещают устройства автоматического секционирования или резервирования, ячейки отходящих линий 10 кВ. От шин РУ 10 кВ ОТП или РП целесообразно обеспечивать электроэнергией потребителей, расположенных от них на расстоянии не более 2...2,5 км. Кроме того, в ОТП или РП устанавливают аппаратуру автоматики, телемеханики, приборы определения расстояний до места повреждения, что дает возможность осуществлять комплексную автоматизацию сельских электрических сетей. При переходе от радиального к магистральному принципу построения электрических сетей 10 кВ с ОТП и РП, оснащенными дорогостоящей аппаратурой, возникает необходимость в координации уровней электроснабжения сельских потребителей как при одиночных отказах, так и при массовых авариях. Одиночные отказы могут быть вызваны повреждениями элементов сети. Отрицательные последствия этих отказов можно свести к минимуму путем резервирования, секционирования электрических сетей и применения в них средств автоматики и телемеханики. Массовые аварии, как правило, сопровождаются большим количеством повреждений воздушных линий, происходящих в одно время и расположенных в одной зоне. Следует отметить, что на ближайшем этапе развития сельских электросетей повсеместный переход на кабельные линии 10 кВ не ожидается, поэтому для повышения надежности воздушных линий

электропередачи следует увеличить их механическую прочность. С этой целью усиливают конструкции опор магистральных линий. Магистральные ВЛ 10 кВ, подходящие к узлам нагрузки, где в перспективе намечается сооружение разукрупняющей подстанции 35(110)/10 кВ, рекомендуется строить в габаритах 35/110 кВ с подвесной изоляцией и сталеалюминевыми проводами сечением не менее 95 мм². На других магистральных линиях применяют опоры с повышенной механической прочностью (изгибающий момент поперек линий составляет 50...60 кН*м) и усиленными проводами марок АС, АЖ. Для увеличения механической прочности опор ВЛ 10 кВ, а также для адаптации линий к изменяющимся электрическим нагрузкам применяют провод одного сечения (не менее 50 мм²).

Электрическая сеть 10 кВ, выполненная по указанному принципу, удовлетворяет условиям рационального построения сети. Взаимная увязка технических решений, используемых в сетях 10 и 35 (110) кВ, достигается тем, что сеть 35 (110) кВ строится таким образом, чтобы имелась возможность осуществить резервное электроснабжение любого потребителя от независимого источника, при этом обеспечение нормативных требований, предъявляемых к надежности электроснабжения потребителей, осуществляется в сети 10 кВ. Внедрение магистрального принципа построения сельских сетей потребует увеличения капиталовложений на их строительство на 25...30%. Однако эти затраты быстро окупятся за счет повышения надежности электроснабжения сельских потребителей. Наиболее перспективным способом повышения надежности работы схемы ВЛ-ТП можно считать внедрение защищенных изоляцией проводов на ВЛ-0,4 и 6-10 кВ соответственно марок АМКА и АХ,SAХ и SAХКА. Этот перспективный способ надо использовать не только при строительстве, но и при ремонте ВЛ (замена неизолированных проводов на защищенные изоляцией).

Контрольные вопросы и задание

1. Что должна обеспечивать рационально построенная электрическая сеть
2. Какая наиболее эффективная для электрических сетей напряжением 10 кВ схема построения сети
3. Какой наиболее перспективный способ повышения надежности работы схемы ВЛ-ТП

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 10

Тема: Системы заземления TN, TN-C

Цель: Изучить системы заземления TN, TN-C

Теоретическая часть

Системы заземления TN, TN-C.

При проектировании, монтаже и эксплуатации электроустановок, промышленного и бытового электрооборудования, а также электрических сетей освещения, одним из основополагающих факторов обеспечения их функциональности и электробезопасности является точно спроектированное и правильно выполненное заземление. Основные требования к системам заземления содержатся в [пункте 1.7](#) Правил устройства электроустановок (ПУЭ). В зависимости от того, каким образом, и с каким заземляющими конструкциями, устройствами или предметами соединены соответствующие провода, приборы, корпуса устройств, оборудование или определенные точки сети, различают естественное и искусственное заземление.

Естественными заземлителями являются любые металлические предметы, постоянно находящиеся в земле: сваи, трубы, арматура и другие токопроводящие изделия. Однако, ввиду того, что электрическое сопротивление растеканию в земле электротока и электрических зарядов от таких предметов плохо поддается контролю и прогнозированию, использовать естественное заземление при эксплуатации электрооборудования запрещается. В нормативной документации предусмотрено использование только искусственного заземления, при котором все подключения производятся к специально созданным для этого заземляющим устройствам.

Основным нормируемым показателем, характеризующим, насколько качественно выполнено заземление, является его сопротивление. Здесь контролируется противодействие растеканию тока, поступающего в землю через данное устройство — заземлитель. Величина сопротивления заземления зависит от типа и состояния грунта, а также особенностей конструкции и материалов, из которых изготовлено заземляющее устройство. Определяющим фактором, влияющих на величину сопротивления заземлителя, является площадь непосредственного контакта с землей составляющих его пластин, штырей, труб и других электродов.

Виды систем искусственного заземления

Основным документом, регламентирующим использование различных систем заземления в России, является ПУЭ ([пункт 1.7](#)), разработанный в соответствии с принципами, классификацией и способами устройства заземляющих систем, утвержденных специальным протоколом

Международной электротехнической комиссии (МЭК). Сокращенные названия систем заземления принято обозначать сочетанием первых букв французских слов: «Terre» — земля, «Neuter» — нейтраль, «Isole» — изолировать, а также английских: «combined» и «separated» - комбинированный и отдельный.

- **T** — заземление.
- **N** — подключение к нейтрали.
- **I** — изолирование.
- **C** — объединение функций, соединение функционального и защитного нулевых проводов.
- **S** — отдельное использование во всей сети функционального и защитного нулевых проводов.

В приведенных ниже названиях систем искусственного заземления по первой букве можно судить о способе заземления источника электрической энергии (генератора или трансформатора), по второй – потребителя. Принято различать TN, TT и IT системы заземления. Первая из которых, в свою очередь, используется в трех различных вариантах: TN-C, TN-S, TN-C-S. Для понимания различий и способов устройства перечисленных систем заземления следует рассмотреть каждую из них более детально.

1. Системы с глухозаземлённой нейтралью (системы заземления TN)

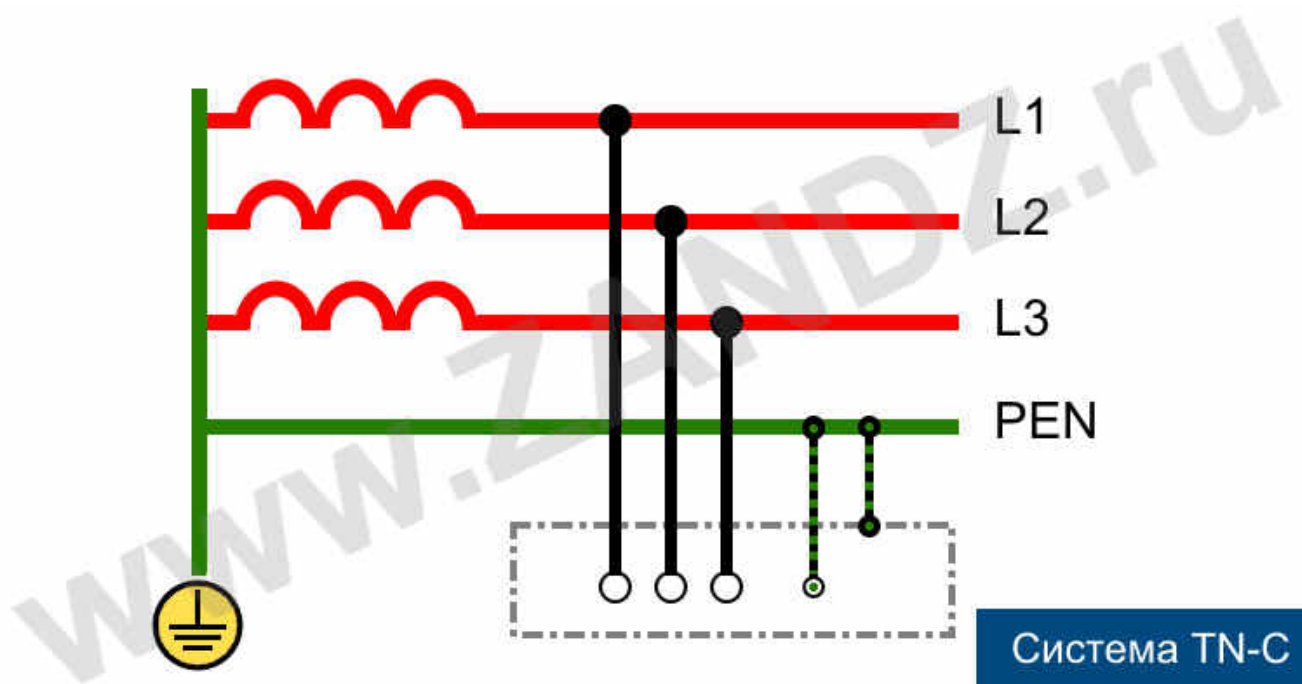
Это обозначение систем, в которых для подключения нулевых функциональных и защитных проводников используется общая глухозаземленная нейтраль генератора или понижающего трансформатора. При этом все корпусные электропроводящие детали и экраны потребителей следует подключить к общему нулевому проводнику, соединенному с данной нейтралью. В соответствии с ГОСТ Р50571.2-94 нулевые проводники различного типа также обозначают латинскими буквами:

- **N** — функциональный «ноль»;
- **PE** — защитный «ноль»;
- **PEN** — совмещение функционального и защитного нулевых проводников.

Построенная с использованием глухозаземленной нейтрали, система заземления TN характеризуется подключением функционального «ноля» — проводника N (нейтрали) к контуру заземления, оборудованному рядом с трансформаторной подстанцией. Очевидно, что в данной системе заземление нейтрали посредством специального компенсаторного устройства — дугогасящего реактора не используется. На практике применяются три подвида системы TN: TN-C, TN-S, TN-C-S, которые отличаются друг от

друга различными способами подключения нулевых проводников «N» и «PE».

Система заземления TN-C



Система заземления TN-C

Как следует из буквенного обозначения, для системы TN-C характерно объединение функционального и защитного нулевых проводников. Классической TN-C системой является традиционная четырехпроводная схема электроснабжения с тремя фазными и одним нулевым проводом. Основная шина заземления в данном случае – глухозаземленная нейтраль, с которой дополнительными нулевыми проводами необходимо соединить все открытые детали, корпуса и металлические части приборов, способные проводить электрический ток..

Данная система имеет несколько существенных недостатков, главный из которых – потеря защитных функций в случае обрыва или отгорания нулевого провода. При этом на неизолированных поверхностях корпусов приборов и оборудования появится опасное для жизни напряжение. Так как отдельный защитный заземляющий проводник PE в данной системе не используется, все

подключенные розетки земли не имеют. Поэтому используемое электрооборудование приходится занулять – соединять корпусные детали с нулевым проводом. .

Если при таком подключении фазный провод коснется корпуса, из-за короткого замыкания сработает автоматический предохранитель, и опасность поражения электрическим током людей или возгорания искрящего оборудования будет устранена быстрым аварийным отключением. Важным ограничением при вынужденном занулении бытовых приборов, о чем следует знать всем проживающим в помещениях, запитанных по системе TN-C, является запрет использования дополнительных контуров уравнивания потенциалов в ванных комнатах.

В настоящее время данная система заземления сохранилась в домах, относящихся к старому жилому фонду, а также применяется в сетях уличного освещения, где степень риска минимальна.

Контрольные вопросы и задание

1. Что является основным нормируемым показателем, характеризующим, насколько качественно выполнено заземление
2. Назовите и расшифруйте три основные системы заземления
3. Назовите три подвида системы TN и опишите что у них общее и в чем различие

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

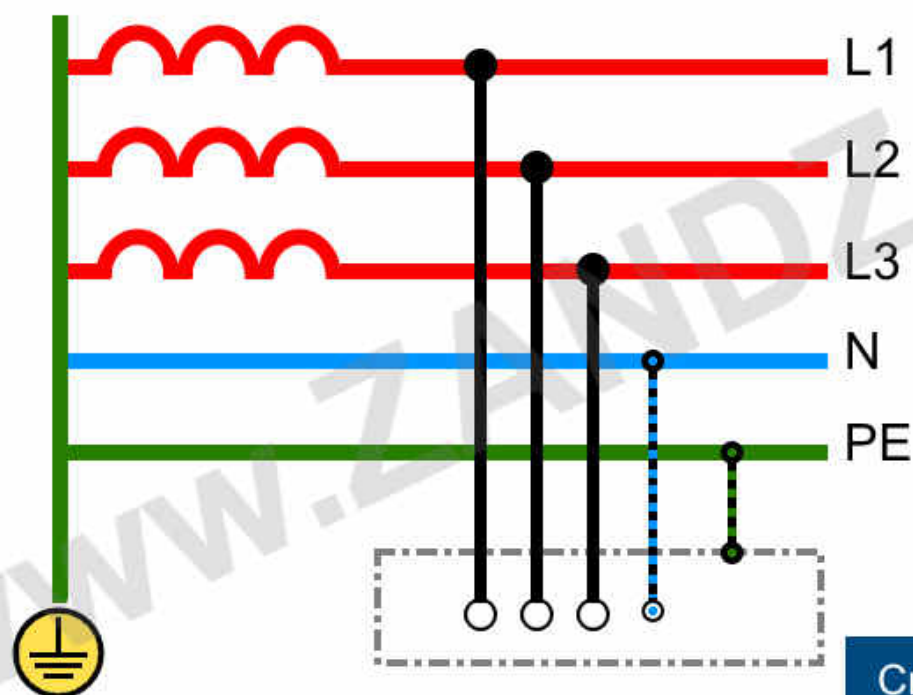
Практическое занятие 11

Тема: Системы заземления TN: TN-S, TN -C -S, TT.

Цель: Изучить системы заземления TN, TN-S, TN -C -S

Теоретическая часть

Система TN-S



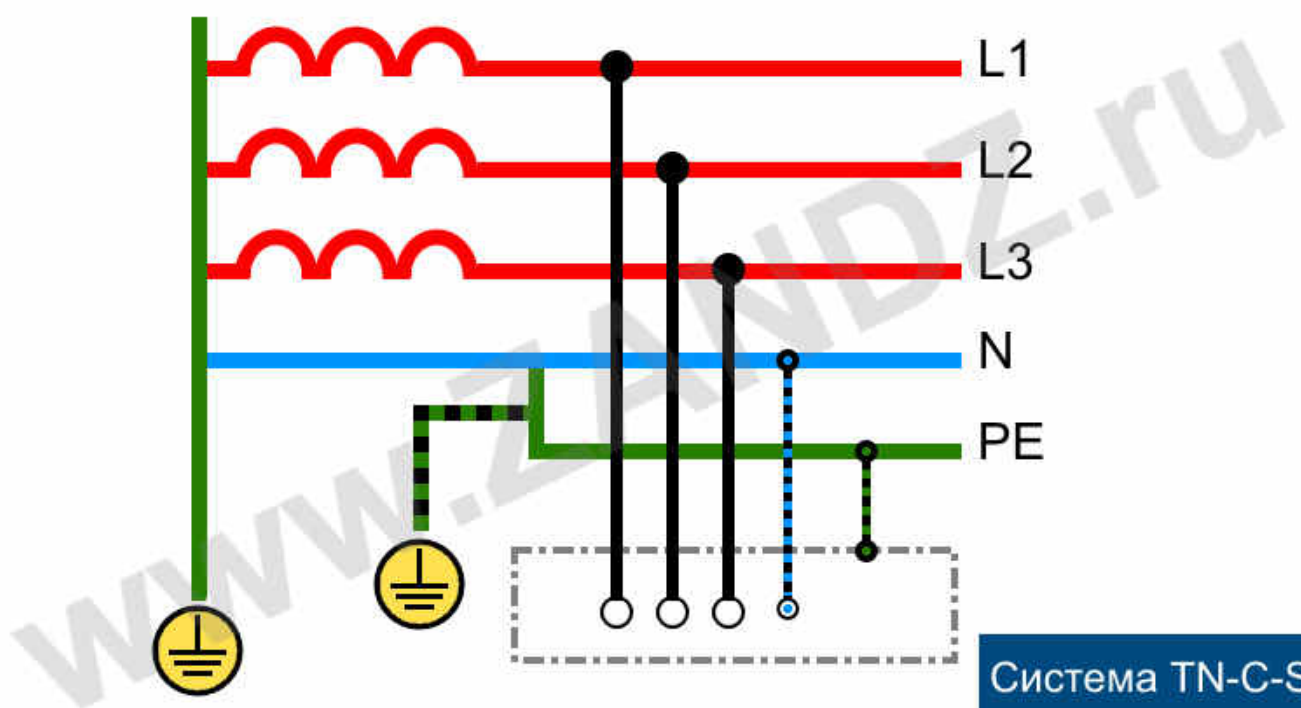
Система заземления TN-S

Более прогрессивная и безопасная по сравнению с TN-C система с разделенными рабочим и защитным нолями TN-S была разработана и внедрена в 30-е годы прошлого века. При высоком уровне электробезопасности людей и оборудования это решение имеет один, но достаточно очень существенный недостаток — высокую стоимость. Так как

разделение рабочего (N) и защитного (PE) ноля реализовано сразу на подстанции, подача трехфазного напряжения производится по пяти проводам, однофазного — по трем. Для подключения обоих нулевых проводников на стороне источника используется глухозаземленная нейтраль генератора или трансформатора.

В ГОСТ Р50571 и обновленной редакции ПУЭ содержится предписание об устройстве на всех ответственных объектах, а также строящихся и капитально ремонтируемых зданиях энергоснабжения на основе системы TN-S, обеспечивающей высокий уровень электробезопасности. К сожалению, широкому распространению и внедрению системы TN-S препятствует высокий уровень затрат и ориентированность российской энергетики на четырехпроводные схемы трехфазного электроснабжения.

Система TN-C-S



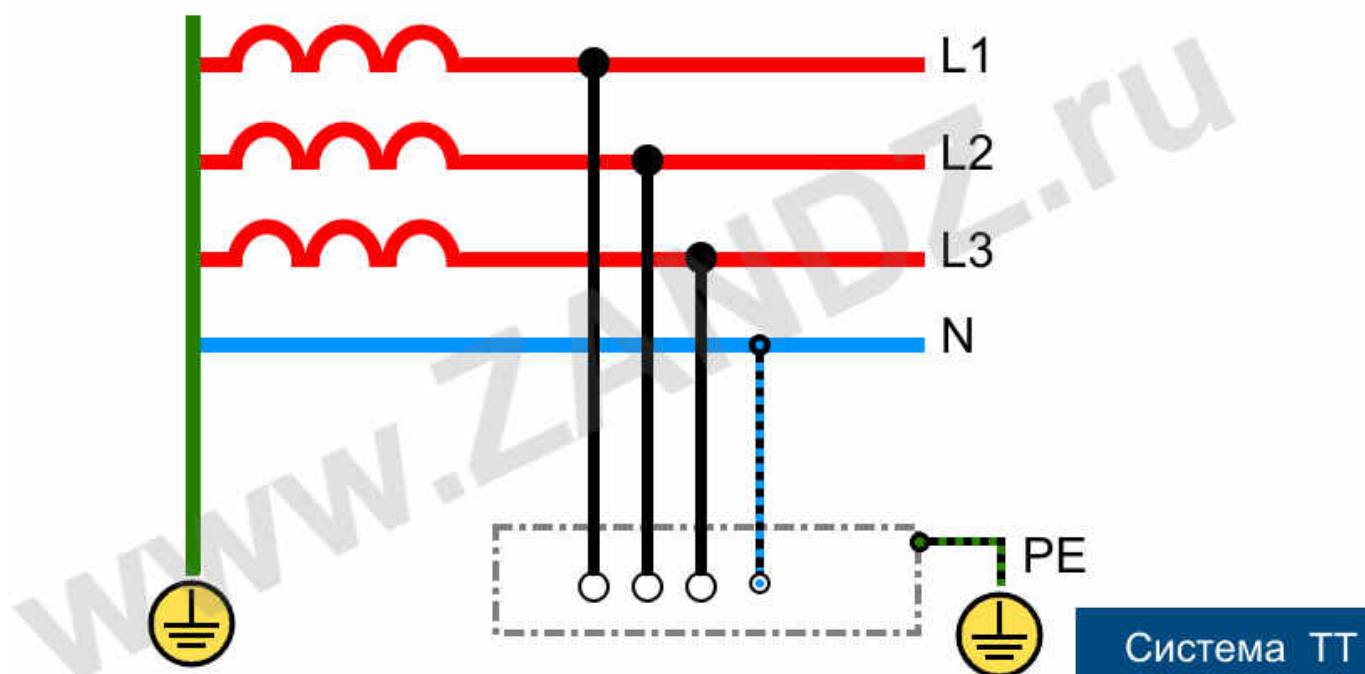
Система заземления TN-C-S

С целью удешевления оптимальной по безопасности, но финансово емкой системы TN-S с разделенными нулевыми проводниками N и PE, было создано решение, позволяющее использовать ее преимущества с меньшим бюджетом, незначительно превышающим расходы на энергоснабжение по системе TN-C. Суть данного способа подключения состоит в том, что с

подстанции осуществляется подача электричества с использованием комбинированного нуля «PEN», подключенного к глухозаземленной нейтрали. Который при входе в здание разветвляется на «PE» - ноль защитный, и еще один проводник, исполняющий на стороне потребителя функцию рабочего ноля «N».

Данная система имеет существенный недостаток — в случае повреждения или отгорания провода PEN на участке подстанция — здание, на проводнике PE, а, следовательно, и всех связанных с ним корпусных деталях электроприборов, появится опасное напряжение. Поэтому при использовании системы TN-C-S, которая достаточно распространена, нормативные документы требуют обеспечения специальных мер защиты проводника PEN от повреждения.

Система заземления TT



Система заземления TT

При подаче электроэнергии по традиционной для сельской и загородной местности воздушной линии, в случае использования здесь небезопасной системы TN-C-S трудно обеспечить надлежащую защиту проводника комбинированной земли PEN. Здесь все чаще используется система TT, которая предполагает «глухое» заземление нейтрали источника, и передачу трехфазного напряжения по четырем проводам. Четвертый является функциональным нулем «N». На стороне потребителя выполняется местный, как правило, модульно-штыревой заземлитель, к которому подключаются все проводники защитной земли PE, связанные с корпусными деталями.

Совсем недавно разрешенная к использованию на территории РФ, данная система быстро распространилась в российской глубинке для энергоснабжения частных домовладений. В городской местности TT часто используется при электрификации точек временной торговли и оказания услуг. При таком способе устройства заземления обязательным условием является наличие приборов защитного отключения, а также осуществление технических мер грозозащиты.

Контрольные вопросы и задание

1. Достоинства и недостатки системы заземления TN-S
2. Достоинства и недостатки системы заземления TN-C-S
3. Достоинства и недостатки системы заземления TT

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 12

Тема: Системы с изолированной нейтралью IT

Цель: Изучить системы с изолированной нейтралью IT

Теоретическая часть

Системы с изолированной нейтралью IT

Во всех описанных выше системах нейтраль связана с землей, что делает их достаточно надежными, но не лишенными ряда существенных недостатков. Намного более совершенными и безопасными являются системы, в которых используется абсолютно не связанная с землей изолированная нейтраль, либо заземленная при помощи специальных приборов и устройств с большим сопротивлением. Например, как в системе IT. Такие способы подключения часто используются в медицинских учреждениях для электропитания

оборудования жизнеобеспечения, на предприятиях нефтепереработки и энергетики, научных лабораториях с особо чувствительными приборами, и других ответственных объектах.

Основным способом получения сети с изолированной нейтралью (IT-сети) является применение разделительного трансформатора. Разделительный трансформатор преобразует сеть с глухозаземленной нейтралью в IT-сеть. При этом силовое оборудование потребителя получает питание по сети TN-S, а слаботочная, чувствительная к помехам нагрузка запитывается через разделительный трансформатор по сети IT. Однофазная нагрузка подключается к силовым выходам трансформатора, а корпус аппарата – к заземляющей шине для предотвращения накопления статического заряда, как показано на **рис.1**.

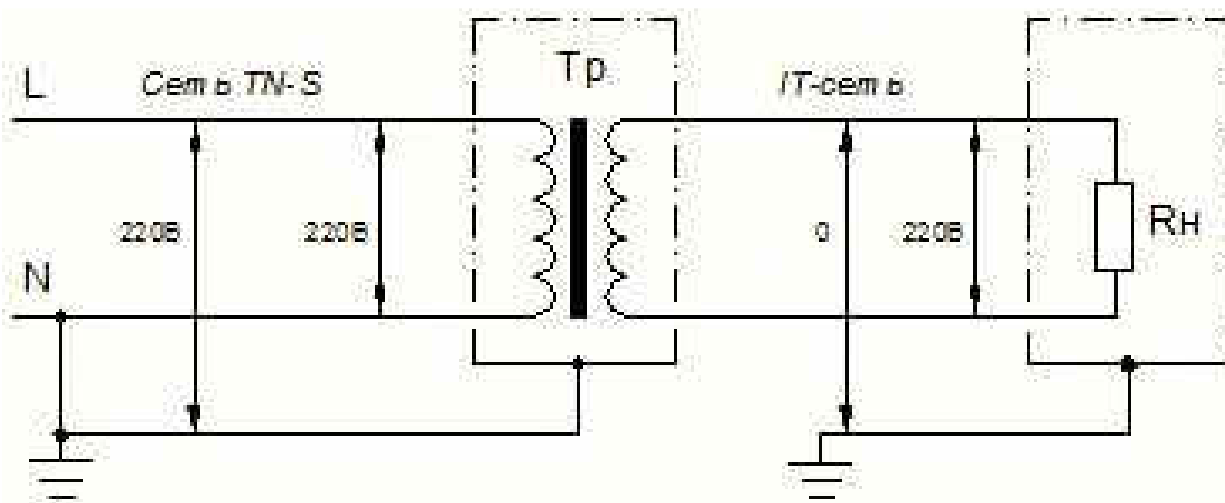


Рис. 1

IT-сети, по сравнению с сетями TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, обеспечивают наибольшую электробезопасность для обслуживающего персонала. В IT-сети нет гальванической связи между землей, фазой и нейтралью. Одновременное касание любого из силовых выходов разделительного трансформатора и заземленного, неизолированного элемента конструкции является безопасным.

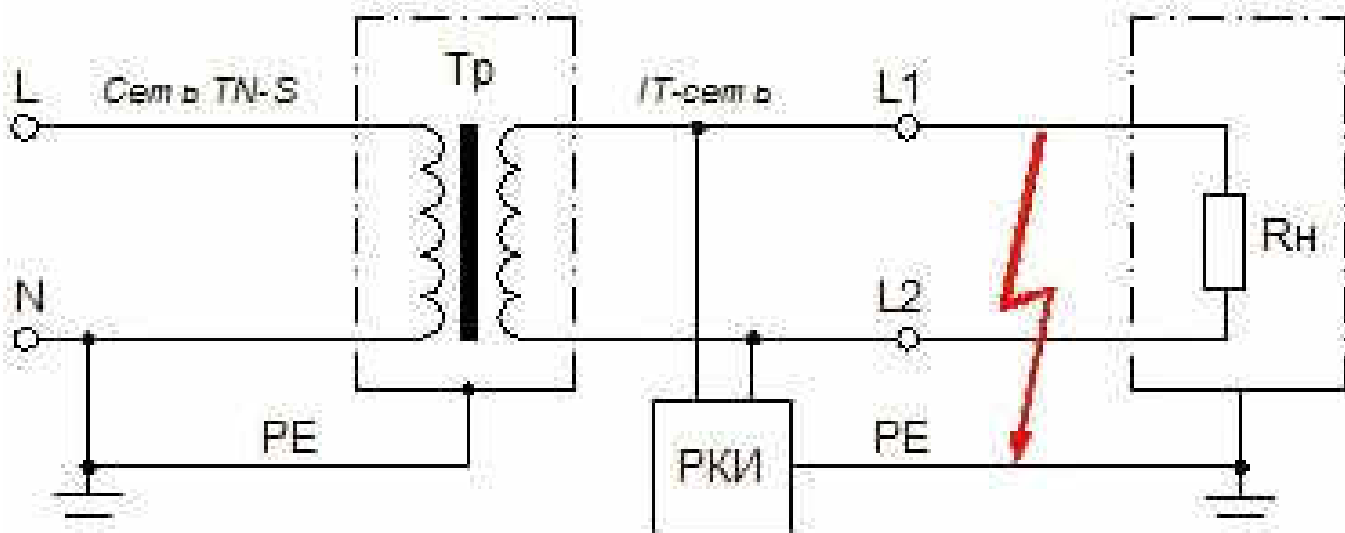
В «идеальной сети» напряжение относительно земли равно нулю. В реальных сетях токи утечки определяются качеством изоляции сети относительно земли и составляют (при ее высоком качестве) микроамперы, что значительно меньше уровня безопасности и не представляет угрозы для человека.

При неполадках нейтрального или фазного провода и первичном повреждении изоляции также не возникает опасность поражения электрическим током, поскольку не образуется замкнутый токовый контур с землей. Величина тока однофазного замыкания на землю, в худшем случае,

составляет единицы ампер. При таком токе замыкания напряжение прикосновения крайне невелико и не представляет опасности для человека.

Первичный пробой (фаза – корпус) в IT-сети, в отличие от сети TN-S, не приводит к аварии (**рис. 2**).

Рис. 2



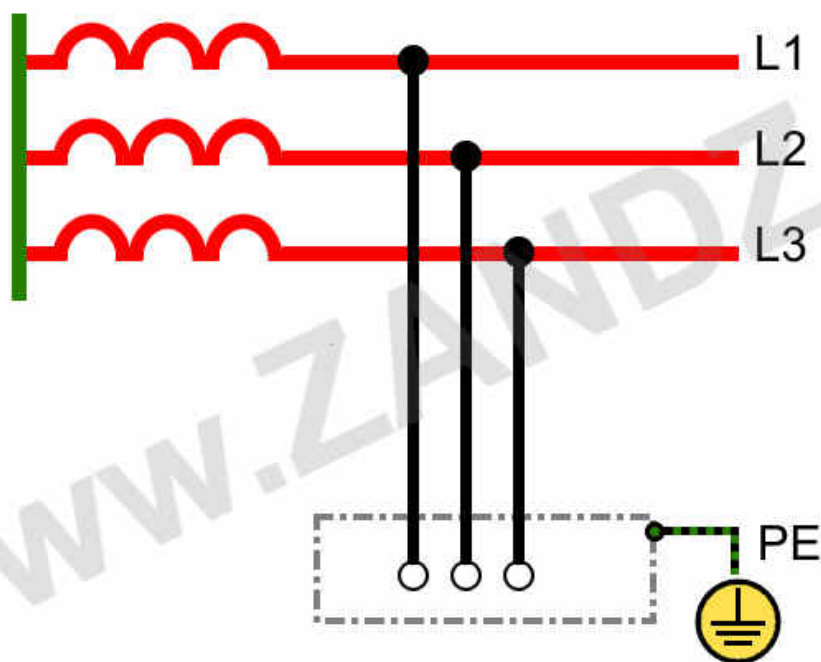
При замыкании на землю IT-сеть просто переходит в TN-S-сеть, поэтому не происходит отключения электрооборудования потребителя. При этом не возникает опасности поражения людей или повреждения оборудования и потребитель могут продолжать свою работу.

Вторичный пробой на корпус произойдет уже в TN-S-сети, поэтому он приведёт к аварийной ситуации и срабатыванию устройств защиты (например, автоматического выключателя). Следовательно, **первый пробой изоляции должен быть своевременно выявлен и максимально быстро устранен.**

При отсутствии контроля о состоянии изоляции первичный пробой может пройти незамеченным, поэтому для сетей с изолированной нейтралью обязательным является применение реле контроля изоляции (РКИ), обеспечивающего непрерывный контроль за состоянием изоляции выходной обмотки трансформатора и распределительной сети. Контроль за состоянием изоляции осуществляется при помощи пульта дистанционного контроля, оборудованного системой звуковой и визуальной сигнализации. Реле контроля изоляции при этом имеет установку уровня состояния изоляции. В случае снижения качества изоляции (фаза-корпус) ниже установленного уровня потребители будут автоматически отключены.

Безопасность IT-сети, кроме того, может быть улучшена за счет применения УЗО.

Система IT



Система заземления IT

Система IT

Классическая система, основным признаком которой является изолированная нейтраль источника – «I», а также наличие на стороне потребителя контура защитного заземления – «T». Напряжение от источника к потребителю передается по минимально возможному количеству проводов, а все токопроводящие детали корпусов оборудования потребителя должны быть надежно подключены к заземлителю. Нулевой функциональный проводник N на участке источник – потребитель в архитектуре системы IT отсутствует.

Надежное заземление — гарантия безопасности

Все существующие системы устройства заземления предназначены для обеспечения надежного и безопасного функционирования электрических приборов и оборудования, подключенных на стороне потребителя, а также исключения случаев поражения электрическим током людей, использующих это оборудование. При проектировании и устройстве систем энергоснабжения, необъемлемыми элементами которых является как функциональное, так и защитное заземление, должна быть уменьшена до минимума возможность появления на токопроводящих корпусах бытовых приборов и промышленного оборудования напряжения, опасного для жизни и здоровья людей.

Система заземления должна либо снять опасный потенциал с поверхности предмета, либо обеспечить срабатывание соответствующих защитных устройств с минимальным запаздыванием. В каждом таком случае ценой технического совершенства, или наоборот, недостаточного совершенства используемой системы заземления, может быть самое ценное - жизнь человека.

Контрольные вопросы и задание

1. Область применения системы с изолированной нейтралью ИТ
2. Как отразится на работу электродвигателя при отсутствии контроля о состоянии изоляции пробой одной из фаз на землю
3. Что является обязательным для сетей с изолированной нейтралью

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 13

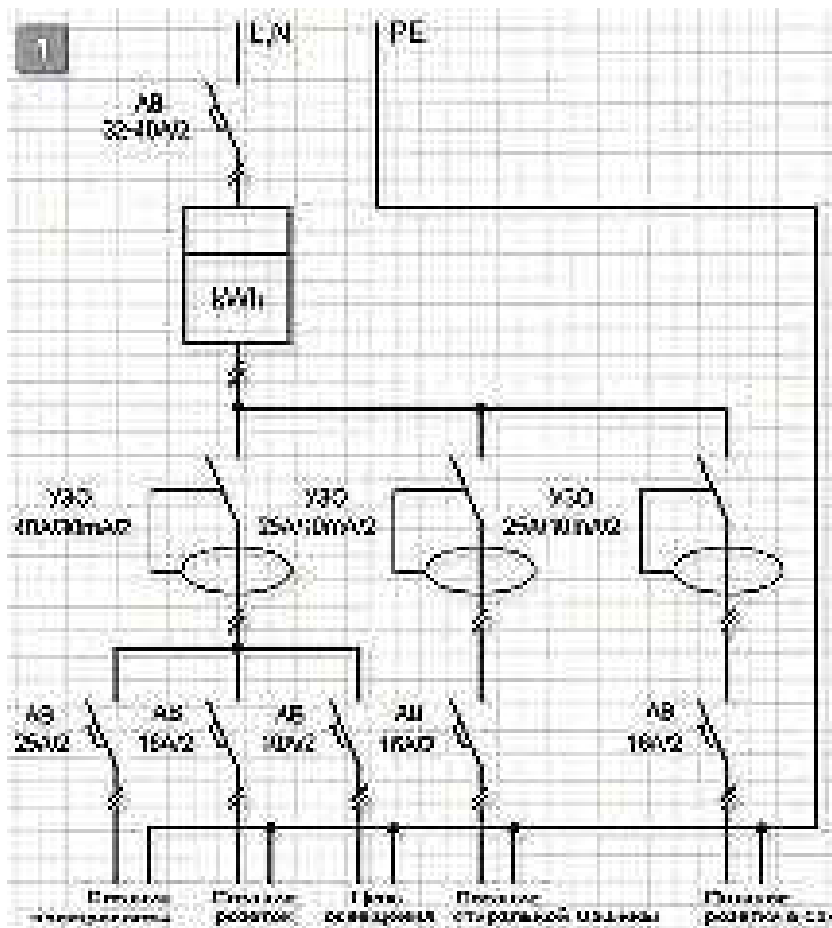
Тема: Однолинейные схемы электроснабжения

Цель: Изучить однолинейные схемы электроснабжения

Теоретическая часть

Однолинейная схема электроснабжения

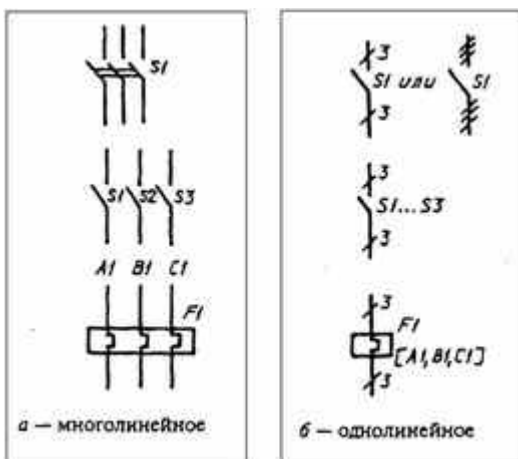
Почему схема однолинейная? Однолинейная схема – это та же принципиальная схема, только выполненная в упрощенном виде: все линии однофазных и трехфазных сетей изображаются одной линией, отсюда и название. Назначение однолинейной схемы.. Точка подключения.. Граница балансовой принадлежности.. Коммерческий учет электроэнергии.. Правила выполнения однолинейной схемы.. Пример однолинейной схемы электроснабжения.. Однолинейная схема частного дома.



Правила выполнения однолинейной схемы электроснабжения

Правила, согласно которым выполняются все виды электрических схем, в том числе и однолинейная схема электроснабжения, определены ГОСТ 2.702-75.

Как уже говорилось выше, под понятием «однолинейная схема электроснабжения» понимается графическое изображение трех фаз питающей сети и отходящих линий групповых сетей в виде одной линии. Это условное изображение значительно упрощает и делает более компактными схемы электроснабжения. Подробная детализация подобным схемам не нужна, поскольку они предназначены давать общее представление о строении электросети и основных ее элементах.



Условное изображение трехфазного

напряжения питания, для примера, приведено на рисунке «а», а его упрощенное изображение, которое и явилось причиной названия однолинейных схем отображено на рисунке «б».

Для того, чтобы визуальнo отобразить на схемах трехфазное подключение, используют несколько обозначений, таких как перечеркнутая линия с цифрой «3», расположенной рядом с вводом или выводом проводки, и прямая линия, перечеркнутая тремя косыми отрезками.

Для однолинейных схем электроснабжения обозначения приборов, пускателей, контакторов, выключателей, розеток и прочих элементов применяют согласно ГОСТ 2.709, как и для всех видов электрических схем.

Назначение однолинейной схемы

Однолинейная схема электроснабжения служит одним из основных документов при заключении договоров на поставку электроэнергии и выдаче технических условий (ТУ) на присоединение к электрическим сетям. Исходя из однолинейной схемы электроснабжения, определяются границы балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности сторон.

Граница балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности сторон находится в точке подключения. До точки подключения эксплуатационную ответственность несет поставщик электроэнергии (владелец сетей), после нее – потребитель электроэнергии.

Коммерческий учет электроэнергии осуществляется во вводном устройстве, устанавливаемом, как правило, на границе балансовой принадлежности. Конкретное место установки приборов коммерческого учета прописывается в ТУ на присоединение к сетям. Обычно владелец сетей всегда требует установки шкафа учета в точке подключения, поскольку, как было сказано, за участок линии от точки подключения до объекта эксплуатационную ответственность несет потребитель. На самом объекте могут устанавливаться приборы технического учета для контроля общего потребления и оценки тепловых потерь электроэнергии.

Какие сведения должны быть указаны на однолинейной схеме?

На однолинейной схеме, входящей в состав проекта электроснабжения, указывают:

- точку подключения объекта;
- границу балансовой принадлежности;
- марку и номинальный ток вводного устройства в точке подключения;
- сведения о приборах коммерческого учета;
- марку питающего кабеля или воздушной линии, их длину и сечение;
- расчетные значения потерь напряжения в кабельных и воздушных линиях;
- установленная и расчетная мощность ВРУ, их расчетный ток и $\cos\varphi$;
- марки и номинальные токи защитно-коммутационных аппаратов;
- расчетные нагрузки;
- шкаф АВР и режим его работы.

Однолинейная схема должна быть информативной

Как мы видим, однолинейная схема является одним из основополагающих документов в проекте электроснабжения. Она содержит сведения о расчетных нагрузках, о потерях напряжения, о приборах коммерческого учета, о режимах работы объекта при отключениях электроэнергии и т. д. Сведения, перечисленные выше, должны присутствовать на однолинейной схеме в обязательном порядке.

Пример оформления однолинейной схемы жилого дома представлен на **рис. 1**.

Пример однолинейной схемы электроснабжения

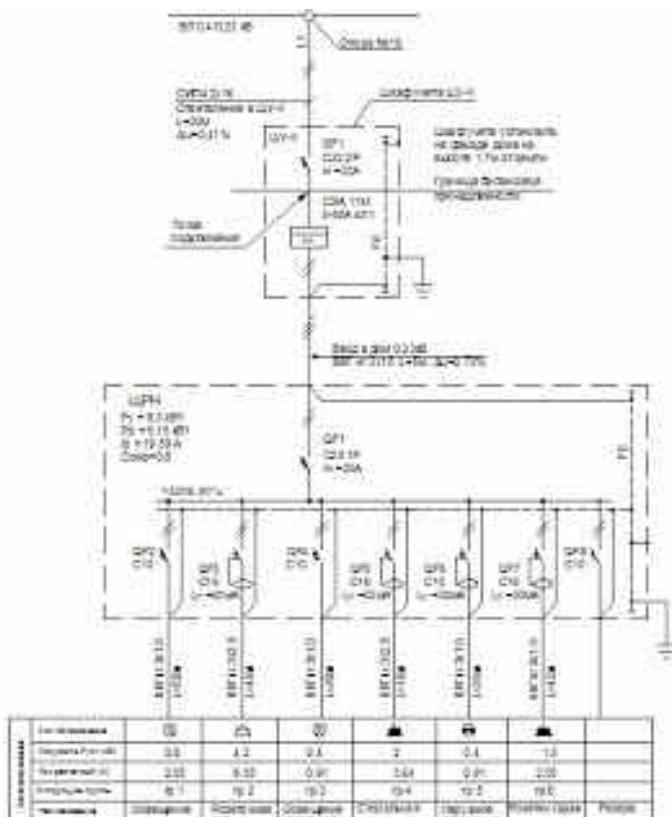


Рис. 1

Однолинейные схемы электроснабжения других объектов не имеют принципиальных различий с рассмотренной нами однолинейной схемой электроснабжения частного дома или любого другого сооружения.

В населенных пунктах воздушные линии 380/220В проходят, как правило, в непосредственной близости от домов. Поэтому приборы учета электроэнергии допускается устанавливать на фасадах домов, как это показано на **рис. 1**.

Контрольные вопросы и задание

1. Назначение однолинейной схемы.
2. Что используют чтобы визуалью отобразить на схемах трехфазное подключение.
3. Какие сведения должны присутствовать на однолинейной схеме в обязательном порядке.

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 14

Тема: Назначение и область применения АПВ

Цель: Изучить назначение и область применения АПВ

Теоретическая часть

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АПВ

Опыт эксплуатации сетей высокого напряжения показал, что если поврежденную линию электропередачи быстро отключить, т. е. снять с нее напряжение, то в большинстве случаев повреждение ликвидируется. При этом электрическая дуга, возникавшая в месте короткого замыкания (КЗ), не успевает вызвать существенных разрушений оборудования, препятствующих обратному включению линии под напряжение.

Самоустраняющиеся повреждения принято называть **н е у с т о й ч и в ы м и**.

Такие повреждения возникают в результате грозовых перекрытий изоляции, схлестывания проводов при ветре и сбрасывании гололеда, падения деревьев, задевания проводов движущимися механизмами.

Данные о повреждаемости воздушных линий электропередачи (ВЛ) за многолетний период эксплуатации показывают, что доля неустойчивых повреждений весьма высока и составляет 50—90 % .

При ликвидации аварии оперативный персонал производит обычно опробование линии путем включения ее под напряжение, так как отыскание места повреждения на линии электропередачи путем ее обхода требует длительного времени, а многие повреждения **носят** неустойчивый характер. Эту операцию называют **п о в т о р н ы м** включением.

Если КЗ самоустранилось, то линия, на которой произошло неустойчивое повреждение, при повторном включении остается в работе. Поэтому повторные включения при неустойчивых повреждениях принято называть **у с п е ш н ы м и**.

На ВЛ успешность повторного включения сильно зависит от номинального напряжения линий. На линиях 110 кВ и выше успешность повторного включения значительно выше, чем на ВЛ 6—35 кВ. Высокий процент успешных повторных включений в сетях

высокого и сверхвысокого напряжения объясняется быстродействием релейной защиты

(как правило, не более 0,1—0,15 с), большим сечением проводов и расстояний между ними, высокой механической прочностью опор.

Реже на ВЛ возникают такие повреждения, как обрывы проводов, тросов или гирлянд изоляторов, падение или поломка опор и т. д. В кабельных сетях повреждения обуславливаются как особенностями конструкции кабелей, так и причинами их повреждений — механическим разрушением кабелей при земляных и строительных работах. Такие повреждения не могут самоустраниться, поэтому их называют устойчивыми.

При устойчивом повреждении повторно включенная линия будет вновь отключена защитой. Поэтому повторные включения линий при устойчивых повреждениях называют не успешными.

На подстанциях с постоянным оперативным персоналом или на телеуправляемых объектах повторное включение линий занимает несколько минут, а на подстанциях нетелемеханизированных и без постоянного оперативного персонала 0,5—1 ч и более. Поэтому для ускорения повторного включения линий и уменьшения времени перерыва электроснабжения потребителей широко используются специальные устройства автоматического повторного включения (АПВ). Время действия АПВ обычно не превышает нескольких секунд, поэтому устройства АПВ при успешном включении быстро подают напряжение потребителям. Экономическое значение внедрения АПВ весьма существенно, поскольку стоимость устройств АПВ несоизмеримо мала по сравнению с тем экономическим эффектом, который они дают.

Эффективность действия АПВ определяется не только числом удачных повторных включений, но и количеством потребителей, у которых при этом не нарушается нормальная работа. Экономическую эффективность применения АПВ можно оценить стоимостью продукции, вырабатываемой предприятиями за то время, в течение которого при отсутствии АПВ линии, снабжающие эти предприятия электроэнергией, были бы отключены.

Наиболее эффективно применение АПВ на линиях с односторонним питанием, так как в этих случаях каждое успешное действие АПВ восстанавливает питание потребителей и предотвращает аварию.

В кольцевых сетях отключение одной из линий не приводит к перерыву питания потребителей. Однако и в этом случае применение АПВ

целесообразно, так как ускоряет ликвидацию ненормального режима и восстановление нормальной схемы сети, при которой обеспечивается наиболее надежная и экономичная работа.

Согласно Правилам устройств электроустановок (ПУЭ) [1], применение АПВ обязательно на всех воздушных и смешанных (кабелыно-воздушных) линиях напряжением выше 1 кВ.

Короткие замыкания часто бывают неустойчивыми не только на ВЛ, но и на сборных шинах подстанций. При этом АПВ *шин с номинальным* напряжением 35 кВ и выше обычно бывает успешным, что связано с малым временем работы релейной защиты шин, большими расстояниями между проводами и повышенной механической прочностью конструкций шин. Автоматическое повторное включение шин имеет высокую эффективность, поскольку каждый случай успешного действия предотвращает аварийное отключение целой подстанции или ее части.

В трансформаторах большинство повреждений (коротких замыканий) носит устойчивый характер. И тем не менее устройствами АПВ оснащаются все одиночно работающие трансформаторы мощностью 1000 кВ А и более и трансформаторы меньшей мощности, питающие ответственную нагрузку.

Устройства АПВ на трансформаторах выполняются так, чтобы их действие происходило только при отключении трансформатора резервной защитой, поскольку процент неустойчивых повреждений трансформаторов ничтожно мал. Резервные защиты трансформаторов действуют на их отключение в большинстве своем при отказах устройств защиты или выключателей, питающихся от этих трансформаторов линий. При этом успешность действия АПВ трансформаторов так же высока, как и АПВ воздушных линий, и составляет 70—90 %. При действии же защит от внутренних повреждений АПВ трансформатора, как правило, не производится.

Автоматическое повторное включение весьма эффективно при ложных и неселективных действиях релейной защиты, при ошибочных действиях персонала, при нарушениях изоляции оперативных цепей, вызывающих «самопроизвольное» (без воздействия персонала, защиты и автоматики) отключение выключателей. Применение АПВ позволяет в ряде случаев применить упрощенные схемы релейной защиты и ускорить отключение КЗ.

В распределительных сетях широкое внедрение АПВ, наряду с другими устройствами электроавтоматики, явилось одним из основных средств, позволивших отказаться на большинстве подстанций от постоянного

дежурного персонала и перевести их на обслуживание оперативно-выездными бригадами (ОВБ).

Применение АПВ в распределительных сетях позволило также широко использовать подстанции 35—110 кВ, выполненные без выключателей на стороне высшего напряжения. В этих случаях выключатели и АПВ устанавливаются только на питающих линиях со стороны головного участка сети.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УСТРОЙСТВАМ АПВ

Факторы, определяющие условия эксплуатации устройств АПВ в энергосистемах, обуславливают технические требования, предъявляемые к ним при разработке схем, выборе рабочих уставок p при наладке АПВ.

С точки зрения сохранения устойчивой работы электрической системы желательно иметь максимальное быстродействие АПВ. Однако быстродействие ограничивается опасностью повторного зажигания дуги после подачи напряжения; перерыв в подаче напряжения должен быть больше времени деионизации среды, в которой гасится дуга. Приходится учитывать и то обстоятельство, что условия работы выключателей в цикле АПВ тяжелее обычных. Особенно это относится к масляным выключателям, в которых масло, окружающее место разрыва контактов, при отключении КЗ разлагается и обугливается под действием дуги, теряя изоляционные свойства. Возможность работы в цикле АПВ воздушных выключателей определяется практически только количеством и давлением сжатого воздуха в резервуарах выключателя.

На быстродействие АПВ влияют время готовности привода выключателя к работе на включение, а также время возврата в исходное положение реле защиты, действовавшей при коротком замыкании.

При выполнении устройств АПВ соблюдают еще ряд обязательных условий кроме указанных выше.

Повреждения, появившиеся на присоединениях, отключенных по режиму, в ремонт и т. п., практически всегда носят устойчивый характер. Автоматическое повторное включение в указанных ситуациях приводило бы к развитию повреждений оборудования, необходимости более частых ревизий выключателей. Поэтому при автоматическом отключении выключателя, последовавшем сразу же после его оперативного включения дежурным персоналом, пуск АПВ производиться не должен.

Многokrатные включения выключателя на КЗ могут привести к тяжелым повреждениям выключателя. Недопустимы многократные повторные включения на КЗ и по условиям устойчивости работы энергосистемы. Поэтому схемы АПВ не должны допускать возможности многократных включений на КЗ.

Несмотря на большое разнообразие существующих в настоящее время схем АПВ, определяемое конкретными условиями их установки и эксплуатации, все они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Устройства АПВ должны приводиться в действие во всех случаях автоматического, в том числе и самопроизвольного, отключения выключателя, за исключением случаев, когда это отключение произошло сразу же после его оперативного включения от ключа управления или по телеуправлению. Для соблюдения этого условия схемы АПВ выполняются таким образом, что при отключенном положении выключателя устройство АПВ не готово к действию и готовность наступает спустя несколько секунд после включения выключателя.
2. Схемы АПВ должны обеспечивать определенное количество повторных включений, т. е. действовать с заданной кратностью. Однократные АПВ должны действовать 1 раз — после аварийного отключения выключателя (цикл О—В—О), двукратные АПВ—2 раза, после первого и повторного отключений (цикл О—В—О—В—О).
3. Автоматическое повторное включение должно происходить со специально установленной выдержкой времени, выбранной из такого расчета, чтобы обеспечить максимально быстрое восстановление нормального режима работы линии или электроустановки. С другой стороны, для повышения успешности АПВ в таких, например, случаях, когда вероятны повреждения от набросов и касаний проводов механизмами, выдержку времени специально увеличивают до нескольких секунд.
4. Устройство АПВ должно иметь автоматический возврат, т. е. после успешного действия схема должна автоматически (с некоторой выдержкой) возвратиться в состояние готовности к новому действию.
5. Длительность включающего импульса от устройства **АПВ** должна быть достаточной для надежного включения выключателя.
6. Схемы АПВ должны предусматривать возможность запрета действия АПВ при срабатывании некоторых устройств релейной защиты (например, газовой или дифференциальной защит трансформаторов,

действующих при внутренних повреждениях), а также при действии ряда устройств противоаварийной автоматики (частотная разгрузка, автоматика отделения местных электростанций и пр.).

Кроме выполнения указанных выше основных требований в устройствах АПВ должны быть предусмотрены цепи ускорения действия релейной защиты, а также переключающие устройства, обеспечивающие ввод устройств в работу и вывод их из работы оперативным персоналом.

Контрольные вопросы и задание

1. Какую операцию называют повторным включением.
2. В каких случаях автоматическое повторное включение весьма эффективно
3. При срабатывании каких устройств релейной защиты схемы АПВ должны предусматривать возможность запрета действия АПВ

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 15

Тема: Виды устройств АПВ

Цель: Изучить виды устройств АПВ

Теоретическая часть

1. ВИДЫ УСТРОЙСТВ АПВ

Классификация видов АПВ может быть выполнена по следующим признакам:

1. По числу циклов (кратности действия) включения. В

эксплуатации получили применение АПВ однократного действия и АПВ двукратного действия. Последние применяются обычно на тупиковых линиях и обеспечивают успешность при втором повторном включении порядка 10—15%. Трехкратные АПВ не получили применения в энергосистемах СССР, поскольку успешность третьего повторного включения составляет 1,5—3%.

Однако в ряде случаев оперативному дежурному персоналу разрешается производить третье повторное включение одиночных тупиковых линий после неуспешного действия второго цикла АПВ (спустя 1—2 мин после возникновения КЗ).

2. По способу воздействия на привод выключателя. Различают механические устройства АПВ, встроенные в пружинный или грузовой привод выключателя, и электрические устройства АПВ, осуществляющие воздействие на электромагнит включения выключателя с выдержкой времени.

В конструкциях выпускавшихся ранее пружинных и грузовых приводов предусматривалось механическое устройство АПВ без выдержки времени, не оправдавшее себя с точки зрения надежности действия. Поэтому в выпускаемых в настоящее время пружинных приводах устройства механического АПВ не предусматриваются, что обеспечило упрощение конструкций и повышение надежности действия приводов. Таким образом на всех типах выключателей с любыми типами приводов вновь устанавливаются только электрические устройства АПВ.

3. По виду оборудования, на котором устанавливается АПВ. По виду оборудования различаются: АПВ линий, АПВ шин, АПВ трансформаторов, АПВ электродвигателей (в том числе, нескольких двигателей одновременно — так называемое групповое АПВ).

4. По числу фаз выключателей, на которые воздействуют защита и АПВ. По числу фаз различают: **трехфазные**, включающие три фазы выключателя после их отключения релейной защитой; **однофазные**, включающие одну фазу выключателя, отключенную релейной защитой при однофазном КЗ; **комбинированные**, осуществляющие при междуфазных повреждениях включение трех фаз или включение одной фазы при однофазных КЗ.

5. По способам контроля в цепях пуска АПВ. По способам контроля, определяемым условиями устойчивости параллельной работы генераторов и синхронных двигателей энергосистем, а также условиями

допустимой кратности токов несинхронного включения оборудования, устройства трехфазных АПВ классифицируются на следующие типы:

без проверки синхронизма и контроля напряжения (тока), когда нарушение синхронизма исключено — простое (ТАПВ);

без **проверки** синхронизма в условиях, когда расчетом подтверждена допустимость несинхронных включений — несинхронное (НАПВ);

без проверки синхронизма при наличии быстродействующих выключателей и быстродействующей релейной защиты, в условиях, когда разделившиеся части энергосистемы не успевают перейти на несинхронную работу — быстродействующее (БАПВ);

с проверкой наличия напряжения на включаемом под нагрузку оборудовании, например линии —(АПВНН);

с проверкой отсутствия напряжения на линии (АПВОН)—применяется, в частности, в распределительных сетях на линиях с выделенной нагрузкой;

с ожиданием синхронизма (АПВОС); с улавливанием синхронизма (АПВУС); в сочетании с самосинхронизацией генераторов и синхронных компенсаторов (АПВС).

6. По способам сочетания А П В с устройствами релейной защиты и различных видов автоматики. Под способами сочетания АПВ с устройствами релейной защиты понимаются:

ускорение действия релейной защиты при АПВ; поочередное действие АПВ, установленных на разных (обычно, последовательно включенных) линиях; АПВ после АЧР;

использование неселективной отсечки в сочетании с АПВ для снижения токов КЗ; сочетание АПВ с АВР;

АПВ в сочетании с действием автоматических секционирующих отделителей и ряд других способов взаимодействия АПВ с релейной защитой и другими автоматическими устройствами, повышающими надежность работы энергосистем.

7. По виду оперативного тока. На подстанциях с постоянным оперативным током энергия, необходимая для работы реле, входящих в схему АПВ, поступает от аккумуляторной батареи. В схемах на переменном оперативном токе в качестве источников энергии используются трансформаторы собственных

нужд (СН), трансформаторы тока (ТТ) и трансформаторы напряжения (ТН). Указанные отличия обуславливают особенности схем АПВ, конструктивных данных реле (в частности, обмоточных), применение специальных блоков питания и др.

Длительный опыт эксплуатации устройств АПВ в энергосистемах России позволил свести большое разнообразие схем и конструкций, применявшихся на начальных этапах внедрения, к ряду унифицированных решений, обеспечивших внедрение типового проектирования и промышленного выпуска унифицированных панелей АПВ, готовых к установке, наладке и включению в эксплуатацию.

В последующих разделах приводятся описания схем, выбор уставок и рекомендации по наладке и проверке устройств АПВ, наиболее распространенных в сетях и на объектах 6—220 кВ.

Контрольные вопросы и задание

1. По каким признакам может быть выполнена классификация видов АПВ
2. Какие устройства различают по способу воздействия на привод выключателя.
3. Какие устройства различают по способам контроля в цепях пуска АПВ

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие 16

Тема: Назначение устройств АВР

Цель: Изучить назначение устройств АВР

Теоретическая часть

Высокую степень надежности электроснабжения потребителей обеспечивают схемы питания одновременно от двух и более источников (линий, трансформаторов), поскольку аварийное отключение одного из них не приводит к исчезновению напряжения на выводах электроприемников. Несмотря на эти очевидные преимущества многостороннего питания потребителей, большое количество подстанций, имеющих два и более источников питания, работают по схеме одностороннего питания. Одностороннее питание имеют также секции собственных нужд электростанций. Применение такой менее надежной, но более простой схемы электроснабжения во многих случаях оказывается целесообразным для снижения значений токов КЗ, уменьшения потерь электроэнергии в питающих трансформаторах, упрощения релейной защиты, создания необходимого режима по напряжению перетокам мощности и т. п. При развитии электрической сети одностороннее питание часто является единственно возможным, так как ранее установленное оборудование и релейная защита не позволяют осуществить параллельную работу источников питания.

Используются две основные схемы одностороннего питания потребителей при наличии двух или более источников.

В первой схеме один источник, включен и питает потребителей, а второй отключен и находится в резерве (*явное резервирование*). Соответственно этому первый источник называется рабочим, а второй—резервным (рис. 8.4, а, б). Во второй схеме все источники нормально включены, но работают раздельно на выделенных потребителей (*неявное резервирование*). Деление осуществляется на одном из выключателей (рис. 8.5, в, г).

Недостатком одностороннего питания является то, что аварийное отключение рабочего источника приводит к прекращению питания потребителей. Этот недостаток можно устранить быстрым автоматическим включением резервного источника или включением выключателя, на котором осуществлено деление сети. Для выполнения этой операции широко используются специальные устройства, получившие название устройств автоматического включения резерва (АВР).

Различают нагруженный, ненагруженный и облегченный резервы.

Нагруженный резерв (неявное резервирование) – при двустороннем питании электрических сетей и параллельной работе силовых

трансформаторов, т.е. утяжеленных условиях работы аппаратуры из-за увеличения токов к.з. и сложной релейной защите.

Ненагруженный и облегченный резервы (явное резервирование) используют при одностороннем электроснабжении. Если резерв ненагружен, то один источник питания (рабочий) – нормально включен, а другой (резервный) – нормально выключен.

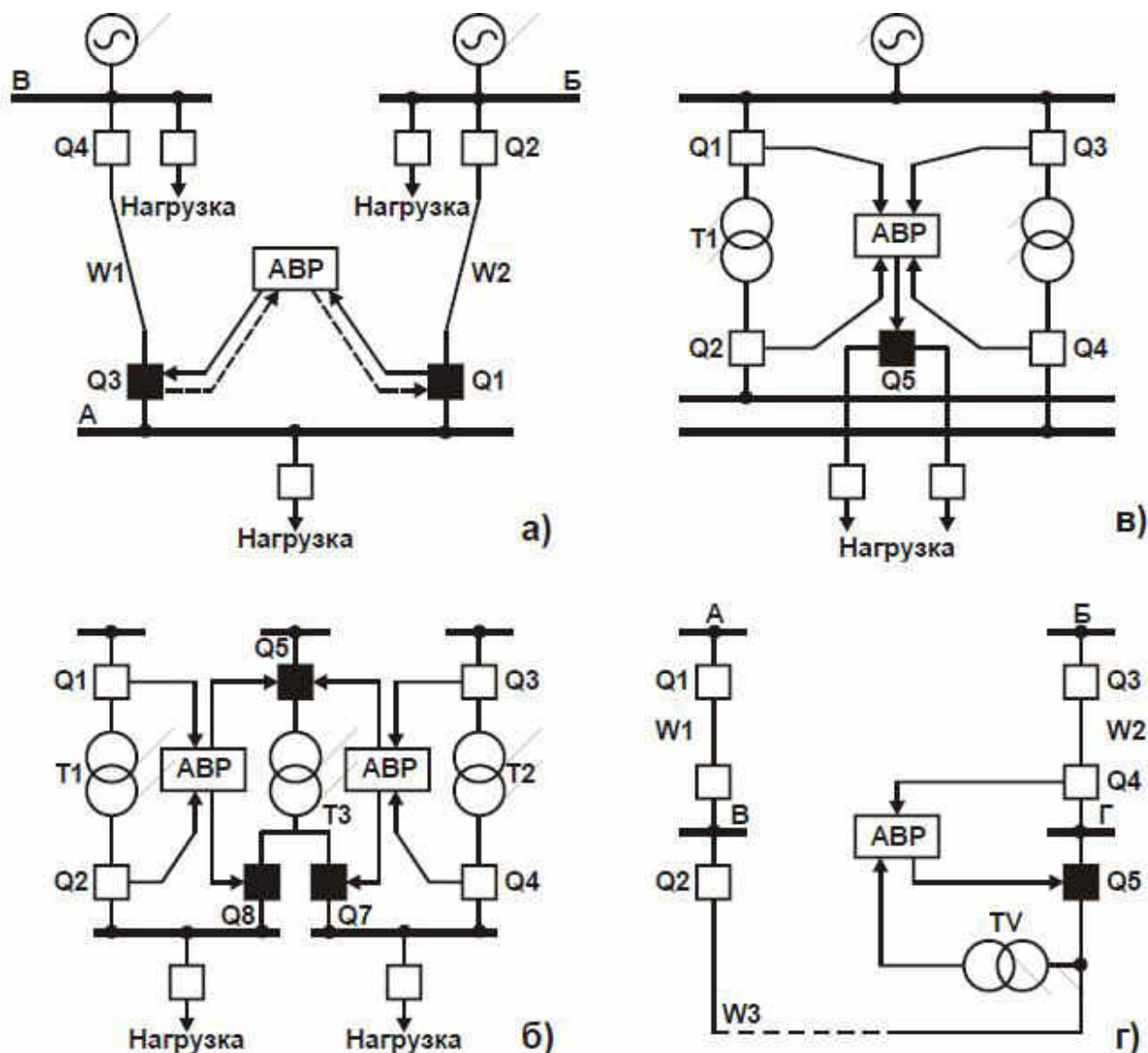


Рис. 8.5. Принципы осуществления АВР при разных схемах питания потребителей

Требования к схемам АВР

Все устройства АВР должны удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Схема АВР должна приходить в действие при исчезновении напряжения на шинах потребителя по любой причине (аварийное, ошибочное или самопроизвольное отключение выключателей рабочего источника

питания, при исчезновении напряжения на шинах, от которых осуществляется питание рабочего источника). Включение резервного источника часто допускается также при КЗ на шинах потребителя.

2. Для того чтобы уменьшить длительность перерыва питания потребителей, включение резервного источника питания должно производиться сразу же после отключения рабочего источника.

3. Действие АВР должно быть однократным, чтобы не допускать нескольких включений резервного источника на неустранившееся КЗ.

4. Схема АВР не должна приходить в действие до отключения выключателя рабочего источника, чтобы избежать включения резервного источника на КЗ в неотключившемся рабочем источнике. Выполнение этого требования исключает также в отдельных случаях несинхронное включение двух источников питания.

5. Для того чтобы схема АВР действовала при исчезновении напряжения на шинах, питающих рабочий источник, когда его выключатель остается включенным, схема АВР должна дополняться специальным пусковым органом минимального напряжения,

6. Для ускорения отключения резервного источника при его включении на неустранившееся КЗ должно предусматриваться ускорение защиты резервного источника после АВР. Это особенно важно в тех случаях, когда потребители, потерявшие питание, подключаются к другому источнику, несущему нагрузку. Ускоренная защита обычно действует по цепи ускорения без выдержки времени. В установках же собственных нужд, а также на подстанциях, питающих большое число электродвигателей, ускорение защиты осуществляется до 0,5 с. Такое замедление ускоренной защиты необходимо, чтобы предотвратить ее неправильное срабатывание в случае кратковременного замыкания контактов токовых реле в момент включения выключателя под действием толчка тока, обусловленного сдвигом по фазе между напряжением энергосистемы и затухающей ЭДС тормозящихся электродвигателей, который может достигать 180° .

Устройства АВР устанавливаются на всех источниках питания собственных нужд электростанций и подстанций, на силовых трансформаторах, шинных и секционных выключателях подстанций, на транзитных линиях, работающих с нормально разомкнутым транзитом, в распределительных сетях низкого напряжения.

Если к.з. на источнике было неустойчивое и питание восстановилось, то для восстановления питания потребителей по нормальной схеме должно быть предусмотрено в АВР потребителей (т.е. д.б. контроль за наличием напряжения в рабочей линии и при появлении питания нормальная схема восстанавливается).

Контрольные вопросы и задание

1. Что обеспечивают высокую степень надежности электроснабжения потребителей.
2. Какие используются основные схемы одностороннего питания потребителей при наличии двух или более источников
3. Где устанавливаются устройства АВР

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.

Практическое занятие № 17

Тема: Материалы и изделия, применяемые при монтаже и эксплуатации электроустановок

Цели: Ознакомление с материалами и изделиями, применяемые при монтаже и эксплуатации электроустановок

Теоретическая часть

Классификация электроустановок и электрооборудования. Условия применения электрооборудования отличаются большим разнообразием

- 1) климатических факторов (t° , влажность, осадки, солнечное излучение, наличие пыли)
- 2) агрессивных химических и органических сред;
- 3) степеней защит от взрывов и пожаров;
- 4) степеней защит персонала. Эти условия оказывают существенное влияние на безопасность, безотказность и эффективность работы различного оборудования.

Для обеспечения высокого уровня безопасности и надёжности электрооборудование, применяемое в электроустановках, по конструктивному исполнению должно соответствовать определённым условиям его работы.

Эти обстоятельства должны учитываться при:

- 1) проектировании электроустановок;
- 2) выполнении организационных и технических мер;
- 3) производстве монтажных работ;
- 4) ремонте и эксплуатации электрооборудования.

Для выполнения единых требований по устройству электроустановок и электропомещений, установления области применения электрооборудования с определёнными конструктивными особенностями, обеспечению надёжной его работы в соответствующих условиях и режимах работы, а также для выполнения требований безопасного производства работ нормативными документами – введена определённая классификация.

Электроустановки (ЭУ) – совокупность машин, аппаратов, линий электропередач и вспомогательного оборудования (вместе с помещениями), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения и преобразования электрической энергии в другие виды энергии.

1) По условиям защиты от атмосферных воздействий:

- открытые (наружные) – не имеющие защиты;
- закрытые (внутренние) – размещённые внутри помещений.

2) По условиям электробезопасности – с U : до 1000 В;

- свыше 1000 В – более высокие требования по устройству, конструктивному исполнению, квалификации персонала, выполнению организационных и технических мероприятий.

Электропомещения – помещения или часть их (отгороженная), в которых расположено электрооборудование (ЭУ), доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала (специальная подготовка, ТБ, экзамены, квалификация).

Классифицируются ЭП (по ПУЭ): 1

. По характеру окружающей среды (относительная влажность):- сухие – влажность до 60 %;

- влажные – влажность от 60 до 75 %;

- сырые – влажность более 75 %;
- особо сырые – влажность до 100%, пол, стены, потолок, предметы покрыта влагой;
- жаркие – температура постоянно или периодически (более 1 суток) превышает +35° С;
- пыльные – по условиям производства выделяется технологическая пыль в количествах достаточных для оседания на оборудовании и проникания внутрь (токопроводящая и нетокопроводящая) последняя способствует увлажнению;
- с химически активной или органической средой (агрессивные газы, плесень, отложения, насекомые), которая может разрушать изоляцию и токоведущие части.

2. По опасности поражения людей электрическим током различают помещения:

- с повышенной опасностью (сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к корпусам электрооборудования и к заземлённым конструкциям, аппаратам, механизмам).

Хотя бы наличие одного из этих факторов.

- особо опасные (особая сырость, химически активные или органические среды, одновременное наличие двух и более факторов повышенной опасности);

- без повышенной опасности – отсутствие факторов повышенной или особой опасности.

3. По степени возможности образования взрывоопасных смесей взрывоопасные зоны ЭУ распределяются на классы.

Вместо помещений – зоны, которые могут занимать всё помещение или его часть. Эти зоны определяются технологами с электриками при проектировании или эксплуатации. ПУЭ установлены следующие классы взрывоопасных зон:

В-I – зоны, выделяются где газы или пары ЛВЖ, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных условиях работы;

В-Ia – тоже самое, но при авариях или неисправностях;

В-Iб – отличие от В-Ia–наличие горючих газов с резким запахом, газообразного водорода, лаборатории с небольшим количеством газов или ЛВЖ;

В-Iг – пространство у наружных установок и технологических установок с горючими газами и ЛВЖ.

Размеры взрывоопасных зон – 0,5 ÷ 20 м по вертикали и горизонтали от места образования взрывоопасных смесей.

В-II – зоны в помещениях, где возможно образование взрывоопасных смесей воздуха с горючей пылью или волокном в нормальных условиях;

В-IIa–тоже самое, но при авариях и неисправностях.

К взрывоопасным относятся также помещения не имеющие взрывоопасных технологий и материалов, но отделённые от взрывоопасных стенами.

4. По степени образования горючих веществ.

Пожароопасные помещения или наружные установки – в которых периодически или постоянно обращаются, применяются, хранятся или образуются при нормальных технологических процессах горючие вещества.

По степени опасности также помещения подразделяются на пожароопасные зоны следующих классов:

П-I – зоны в которых обращаются горючие жидкости с $t^* \text{ C}$ вспышки выше 61^* C ;

П-II – зоны в помещениях которых выделяются горючие пыли или волокна с пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объёму воздуха;

П-IIa – зоны в помещениях, содержащих твёрдые горючие вещества;

П-III – зоны вне помещений, содержащие горючие жидкости с $t^* \text{ C}$ вспышки выше 61^* C или твёрдые горючие вещества.

Во время монтажа, ремонта и эксплуатации электроустановок используется большое количество разнообразных по назначению и свойствам материалов для:

- изготовления конструкций;
- установки и закрепления электрооборудования и отдельных его элементов и узлов;
- соединения силовых и вспомогательных цепей;
- соединения проводов и жил кабелей;
- восстановления изоляции;
- предохранения частей оборудования от воздействия окружающей среды.

Требования к этим материалам (технические, экономические, технологические):

1. обеспечение высокого качества работ при монтаже;
2. надёжность при эксплуатации;
3. простота и безопасность в обращении;
4. обеспечение ускорения и упрощения работ по монтажу, наладке электроустановок.

Выбор материалов и изделий – важная задача, выполняемая проектировщиками, наладчиками и эксплуатационниками.

Материалы и изделия должны соответствовать условиям и режимам работы электрооборудования. Оценку соответствия проводят по количественным значениям параметров, характеристикам и свойствам.

Классифицировать материалы и изделия по назначению и свойствам можно на следующие группы:

- электроизоляционные;
- проводниковые;

- конструктивные.

1. Электроизоляционные (ЭИМ) – предназначены для электрического разделения токоведущих частей с разными потенциалами друг от друга, а также от корпусов электрооборудования и других заземлённых частей.

Различают твёрдые, жидкие и твердеющие материалы.

ЭИМ должны обеспечивать:

- требуемую пожарную и экологическую безопасность;
- высокую стабильность характеристик в процессе эксплуатации, хранения, изготовления;
- совместимость с другими материалами;
- требуемую механическую прочность;
- достаточный уровень сопротивления изоляции и угол электрических потерь;
- высокую стойкость к воздействию электрических и тепловых полей;
- требуемые химо-, холодо-, влагостойчивость, низкую гигроскопичность.

1) Керамические материалы – высокие изоляционные, механические и термические свойства, выдерживают поверхностные разряды, стойки к воздействию атмосферных осадков, солнечных лучей, химических веществ, длительно сохраняют свои характеристики.

Электроизоляционный фарфор, стеатит, кордиерит.

Пример – изоляторы.

2) Слюдяные материалы – высокие нагрево- и влагостойчивость, электрическая прочность, стойкость к длительному воздействию сильных электрических полей.

Выпускаются в листах (определённых размеров) и в виде гибких лент. Применение – электрические машины и аппараты. Виды слюдяных материалов – коллекторные, прокладочные, формовочные, термоупорные, гибкие. 3) Пластические массы – высокий уровень электроизоляционных свойств, механическая прочность, стойкость к воздействию атмосферных осадков, перепадов температуры, химических веществ, легкая обработка. Недостатки – токсичность при горении, нестабильность характеристик при длительном использовании.

Применение – электроизоляция в сочетании с конструктивным назначением для изготовления корпусов, крышек, футляров, шестерен, шкивов, ручек, траверс, разъёмов, каркасов.

4) Слоистые пластин – высокий уровень физико-механических свойств, лёгкость обработки.

Недостатки – различные свойства вдоль и поперёк волокон, коробление, старение, ухудшение свойств при изменении температуры и влажности.

Ограниченное применение – панели, щитки, перегородки, основания, прокладки, шайбы. Гетинакс, стеклогетинакс, текстолит, стеклотекстолит, асботекстолит.

5) Базисные материалы – применяются при изготовлении печатных плат низковольтной аппаратуры систем управления, средств защиты и автоматизации.

Электроизоляционные материалы – гетинакс, текстолит – облицованные металлической фольгой.

б) Электроизоляционные ленты, лакоткани, почилочные резины - достаточная механическая прочность при малой толщине, гибкость и эластичность, высокие электрические свойства, стойкость к действию влаги, низкая влагопоглощаемость.

Применение – для восстановления изоляции жил кабелей, проводов, шнуров при их соединении между собой и с электрооборудованием, а также для герметизации и уплотнения мест соединения.

Изоленды:- хлопчатобумажные – ЛХМ;- стеклотканевые – ЛСЭ;- бумажные – К120, КМ120; прорезиненные – 2ПОЛ, 2ППЛ;- поливинилхлоридные – ПВХ;- самоприлипающие – ЛЭТСАР.

Лакоткани – волокнистые материалы, пропитанные лаками.Вулканизированные резины – для ремонта изоляции гибких кабелей. Ленты толщиной 0,4 – 0,6 мм, шириной 20 – 50 мм. Обеспечивают плотную безобрывную намотку по заделываемому месту кабеля.7)

Электроизоляционные лаки – должны обеспечивать хорошие пропиточные и цементирующие свойства, быстрое высыхание, высокие электрические характеристики, малую токсичность и горючесть, влагостойкость.

Предназначены для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов, для покрытия электроизоляционных материалов с целью повышения нагревостойкости и защиты от вредного влияния окружающей среды.

Пропиточные и покровные лаки и эмали.Состоят из:- плёнкообразующих веществ;- растворителей, разбавителей, сиккатива, пластификаторов.8) Электроизоляционные компаунды и кабельные заливочные массы.Используются для пропитки, покрытия, заливки и герметизации различных узлов электрооборудования, аппаратов, обмоток, разделок и соединения кабелей.

Цель – защитить от действия агрессивных сред, изменения температуры, ударных и вибрационных нагрузок.

В нормальном исходном состоянии – жидкие, твердеют при смешивании в результате химических реакций или понижения температуры.Компаунды на основе эпоксидных смол с наполнителями.

9) Трансформаторные масла – характеризуются вязкостью и уровнем электрических характеристик.

Используются в качестве изолирующей и теплопроводящей среды в трансформаторах, выключателях и другом оборудовании.

Недостатки – горючесть, взрывоопасность, неоднородность, нестойкость к действию электрического поля, ухудшение характеристик со временем.

2. Проводниковые материалы.Предназначены для создания и соединения токоведущих частей в электроустановках.Установочные и

монтажные провода, шнуры, кабели, обмоточные провода, ошиновочные материалы, контактные материалы, щётки, припои. Требования: - достаточная проводимость; - высокая механическая прочность; - гибкость; - стойкость к коррозии; - лёгкость обработки; - хорошо свариваться, склеиваться. Провода – медь, алюминий. Ошиновка – алюминий, медь, сплавы. Контакты – металлокерамика, серебро, сплавы. Припои – мягкие (до 500 °С – олово + свинец) и твёрдые (свыше 500 °С – медь + цинк, медь + серебро). 3. Конструктивные материалы. Для изготовления щитов, каркасов, корпусов, рам, опор, ограждений, соединений. Сталь, алюминий, бронза, латунь, пластмассы, резина. Промышленностью выпускается широкий ассортимент.

Контрольные вопросы и задания:

1. Как классифицируются электроустановки электрооборудования по степени электробезопасности?
2. Для чего предназначены проводниковые материалы?
3. Составить таблицу из изоляционных материалов ...

Преподаватель

Тюнягин Ю.Н.