

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Рябиченко Сергей Николаевич
Должность: Директор
Дата подписания: 14.03.2022 09:51:29
Уникальный программный ключ:
3143b550cd4cbc5ce335fc548df581d670cbc4f9

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
«КРАСНОДАРСКИЙ МОНТАЖНЫЙ ТЕХНИКУМ»
(ГБПОУ КК «КМТ»)

ЛЕКЦИИ

учебная дисциплина

ОП.03 Основы электротехники

Специальность 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Рассмотрена
на заседании цикловой методической комиссии

Протокол от « ____ » _____ 20 ____ г. № ____

Председатель _____ / _____

Утверждаю
Заместитель директора по учебно-
методической работе
ГБПОУ КК «КМТ»

_____/О.Е. Зобенко/

« ____ » _____ 20 ____ г.

Лекции предназначены для изучения теоретических знаний по программе учебной дисциплины 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений ОП.03 Основы электротехники, составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины по специальности среднего профессионального образования 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

Организация - государственное бюджетное профессиональное
разработчик: образовательное учреждение Краснодарского края
«Краснодарский монтажный техникум»

Составитель
(автор):

Преподаватель Сидорова В.И.

Преподаватель Федин В.С.

Пояснительная записка

Лекции по ОП.03 Основы электротехники составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины по специальности/профессии среднего профессионального образования 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

В соответствии с рабочей программой ОП.03 Основы электротехники на изучение учебной дисциплины предусмотрено __38__ часов, из которых __16__ часов на проведение теоретического обучения.

Цель проведения теоретического обучения: формирование теоретических знаний, необходимых в последующей профессиональной и учебной деятельности.

Задачи:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам;
- формирование умения применять полученные знания на практике;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В программу включено содержание, направленное на формирование у обучающихся общих и профессиональных компетенций, необходимых для качественного освоения ОПОП СПО.

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам
ОК 02	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 05	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
ОК 07	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно

действовать в чрезвычайных ситуациях.

ПК 2.1 Выполнять подготовительные работы на строительной площадке

ПК 3.5 Обеспечивать соблюдение требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиту окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, в том числе отделочных работ, ремонтных работ и работ по реконструкции и эксплуатации строительных объектов

ПК 4.1 Организовывать работу по технической эксплуатации зданий и сооружений

ПК 4.2 Выполнять мероприятия по технической эксплуатации конструкций и инженерного оборудования зданий

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- читать электрические схемы;
- вести оперативный учет работы энергетических установок;
- использовать электротехнические законы для расчета магнитных цепей;
- эксплуатировать электрооборудование

Знать:

- основы электротехники;
- устройство и принцип действия электрических машин;
- устройство и принцип действия трансформаторов;
- устройство и принцип действия аппаратуры управления

электроустановками

Перечень лекционных занятий (урок):

Наименование раздела (темы)	Лекция	Содержание практической работы	Кол-во часов
Тема 1. Электрическое и магнитное поле	Значение дисциплины в будущей профессиональной деятельности		2
Тема 2. Постоянный электрический ток	Электрический ток, параметры тока		2
Тема 3. Переменный электрический ток	Понятие переменного тока, его параметры, уравнения, графики и векторные диаграммы		2
Тема 4.	Классификация, назначение и области		2

Электрические машины и трансформаторы	применения электрических машин		
Тема 5. Электрооборудование строительных площадок	Виды и назначение сварки		2
Тема 6. Электроснабжение строительной площадки	Основные виды и характеристики источников электрической энергии		2
Тема 7. Электробезопасность на строительной площадке	Действие электрического тока на человека, опасные значения тока и напряжения		2
	Классификация и назначение заземлителей		2
ИТОГО			16

Лекция №1. Значение дисциплины в будущей профессиональной деятельности

Электротехника –это наука о теории и практическом применении электрических и магнитных явлений. Основными вопросами, которыми занимается электротехника, являются генерирование, передача на расстояние и преобразование электрической энергии в механическую, тепловую, световую и другие формы энергии.

В электротехнике выделяется ряд самостоятельных электротехнических дисциплин, таких как электрические машины, электроизмерительная техника, электропривод, электрические аппараты, электроника, преобразовательная техника и др. Однако основной теоретической базой всех названных дисциплин является курс « Основы электротехники».

Предысторией электротехники можно считать период до XVII века. К этому времени были обнаружены некоторые электрические и магнитные явления: в мореплавании успешно применялся компас, но природа этих явлений оставалась неизвестной.

Первым этапом электротехники следует считать XVII век, когда появились первые исследования электрических и магнитных явлений, а в конце XVIII века был создан первый электрохимический генератор Вольта (Италия) и в начале XIX века – большая гальваническая батарея Петрова (Россия). Эти изобретения послужили толчком к развитию науки об электрических и магнитных явлениях.

Ко второму этапу развития электротехники можно отнести первую половину XIX века. В этот период усилия ученых были направлены на раскрытие сущности электромагнитных явлений. Быстро развивались теория и практика электрохимических процессов, на базе которых Фарадеем был открыт закон

электролиза. Изучение теплового действия тока привело Джоуля (Англия) и Ленца (Россия) к открытию закона, названного их именами. Изучая связь между электрическими и магнитными явлениями, Ампер (Франция) обосновал закон взаимодействия токов. В это же время Ом (Германия) была установлена связь между током, напряжением и сопротивлением, названная законом Ома. В 1831 г. Фарадей (Англия) открыл явление электромагнитной индукции. В 1833 г. Ленц предложил правило определения направления индуцированного тока. В 1845 г. Кирхгоф (Германия) сформулировал два закона, на основе которых и в настоящее время происходит расчет электрических цепей.

Третий этап охватывает вторую половину XIX и начало XX века. В это время была опубликована теоретическая работа Максвелла (Англия), разработавшего всеобъемлющую теорию электромагнетизма (1873 г.). Были изобретены электрические машины, трансформаторы, электрические аппараты, разработаны основы их теории, для расчета электрических цепей переменного тока было предложено использовать комплексные числа. Четвертый этап простирается до наших дней. Он характеризуется проникновением электротехники во все области промышленности, транспорта, науки, в быт, разработкой новых направлений в производстве, передаче и применении электроэнергии.

Ряд новых проблем поставило перед строительством широкое применение электроэнергии. Осуществление в 1882 г. французом М. Депре передачи постоянного тока по неизолированным проводам на 57 км поставило задачу сооружения мачт высотой не менее 20 м, достаточно жестких по вертикали и устойчивых в направлении, перпендикулярном расположению проводов.

В 1891 г. русским инженером М. О. Доливо-Добровольским осуществлен переход с постоянного тока на переменный. В результате увеличилось расстояние передачи электрического тока до 170 км и началось строительство гидроэлектростанций на реках шириной более 300 м с напором воды выше 15 м. Чтобы сосредоточить напор в одном месте, потребовались, кроме плотины, еще и сливное устройство в виде открытого канала или тоннеля, а также сооружение водохранилища. Возникла потребность в бетонах прочностью выше 300 кг/см² и

цементов со скоростью твердения, измеряемой не неделями, а сутками. Владимир Григорьевич Шухов (1853-1939 гг.)

Достижения в области электроэнергетики и электротехники дали возможность шире и эффективнее использовать в строительстве металлические конструкции. Большое значение имело открытие и использование в строительных работах электрической сварки, которая стала быстро вытеснять традиционные способы соединения элементов и узлов конструкций – клепку и кузнечную сварку.

Исследования, проведенные в 60-х годах XIX в. в Вульвичском арсенале (Англия), показали, что если прочность шва, выполненного кузнечной сваркой, равна сопротивлению сплошного листа железа, то в заклепочном шве она составляет только 0,6 этой величины. Электросварка, легче и проще кузнечной, дала возможность получать соединение, которое не только не снизило коэффициент прочности стыкового шва, но даже повысило его до 140% сопротивления свариваемого металла. С введением электросварки отпала необходимость в заклепках и накладках, в результате чего вес металлических конструкций удалось уменьшить до 50%.

Большое значение в прогрессе строительства имело распространение электрического освещения, которое пришло на смену освещению газовому. Особенно важной была прожекторная форма – система заливающего света, при которой на специальных мачтах высотой 15-30 м укрепляли 6-12 ламп мощностью 500-2000 Вт. Введение этой системы позволило круглосуточно вести строительные работы, которые ранее всегда выполняли только в дневное время.

Прогресс в области электроэнергетики затронул и ряд других вопросов, неразрывно связанных со строительной техникой. Один из них — использование утилизационного тепла паротурбинных электростанций. Разрешение проблемы отвода огромных количеств горячей конденсационной воды с электростанций открыло возможность использования ее для отопления промышленных и жилых зданий. В результате было положено начало строительству крупных комбинированных энергетических объектов, вырабатывавших не только электроэнергию, но и тепло в виде горячей воды и пара.

Применение электроэнергии оказало огромное влияние на строительство многоэтажных зданий, чему во многом способствовало развитие на базе электропривода техники вентиляции и водонасосного хозяйства.

Электромотор освободил вентилятор от связанной с использованием пара групповой ременношкивной трансмиссии и обеспечил возможность ставить его в любой требуемой условиями эксплуатации точке здания. Кроме того, резко возросла эффективность вентиляционных средств, оснащенных электроприводом. Если при паровом приводе напор достигал максимального значения 5-10 мм вод. ст. и производительность не превышала 1700 м³/мин, то электрические вентиляционные установки позволили увеличить напор до 100 мм вод. ст. с производительностью до 2800 л³ /мин.

Аналогичным был результат применения в водоснабжении работающих от электромоторов быстроходных центробежных насосов. Если поршневые паровые насосы при максимальной скорости вала 300 об/мин могли поднять воду на высоту не более 50 м, то электрическая установка позволила повысить скорости до 750, 1000, 1500 и 3000 об/мин и напор до 60-100 м. Этим было обеспечено водоснабжение многоэтажных зданий, начало строительству которых было положено сооружением в 1893 г. 20-этажного дома в Чикаго.

Наряду с этим строительная техника сама оказала большое влияние на электроэнергетику. Так, железобетон расширил возможности строительства громадных плотин для гидроэлектростанций. Крупнейшим сооружением являлась плотина Кео-Кук, построенная в 1912 г. на реке Миссисипи. Плотина имела длину 1410 м, ширину по низу 13 м, высоту над уровнем воды 13 м располагала водосливами с металлическими затворами, управляемыми при помощи электричества из здания станции. Она обслуживала установку мощностью 200 тыс. кВт и передавала электрический ток в г. Сан-Луис на расстояние 272 км.

Не менее важную роль сыграл прогресс металлоконструкций в развитии передачи электрической энергии на большие расстояния, а также радиосвязи, предъявивших спрос на высокие антенны и мачты электросетей.

Лекция №2. Электрические ток. Параметры тока

Электрический ток – это направленное движение электрических зарядов по проводнику.

Направлением электрического тока следовало бы считать направление движения свободных электронов по металлическому проводнику, однако за него условно принято направление движения положительных зарядов в проводнике. Эта условность сложилась исторически и в настоящее время сохранила свою силу в электротехнике.

Практически электрический ток получают от специальных источников: гальванических элементов, аккумуляторов, генераторов.

Гальванический элемент – химический источник электрического тока, основанный на взаимодействии двух металлов и/или их оксидов в электролите, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока.

Генератор – электрическая машина, преобразующая механическую энергию (энергию вращения) в электрическую.

Электрический ток непосредственно наблюдать нельзя. О прохождении тока можно судить только по тем действиям, которые он оказывает.

Признаки, по которым судят о наличии электрического тока:

- проводник, по которому проходит электрический ток, нагревается;
- электрический ток, проходя по проводнику, создает вокруг него магнитное

поле;

– ток, проходя через растворы солей, щелочей, кислот, а также через расплавленные соли, разлагает их на составные части.

Если через поперечное сечение проводника проходит заряд q Кл (кулонов) электричества за время t с, то количество электричества, прошедшего сечение проводника в течение 1 с, называется **величиной тока** и обозначается буквой I :

$$I = \frac{q}{t} \quad (3.1)$$

Единицей измерения тока является ампер (А), определяемый как количество электричества в 1 Кл, прошедшего через поперечное сечение проводника в 1 с:

$$1\text{А} = \frac{1\text{ Кл}}{1\text{ с}} \quad (3.2)$$

Ток в электрической цепи измеряется амперметром (рис. 3.3, *а*). Амперметр включается в электрическую цепь последовательно (рис. 3.3, *б*). Ток, не изменяющийся по величине и направлению, называется **постоянным током**. Постоянный ток дают гальванические элементы, аккумуляторы, генераторы постоянного тока.

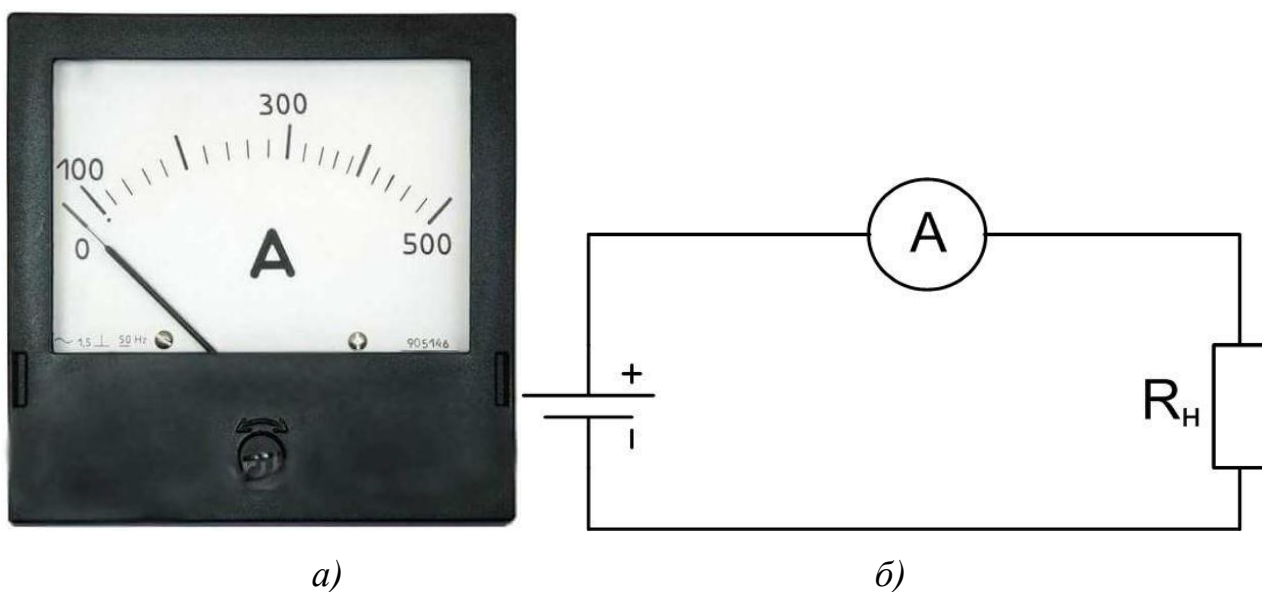


Рисунок 3.3 – Амперметр: внешний вид (*а*), схема включения (*б*)

Проводники и диэлектрики

Перемещение электронов в определенном направлении и возникновение электрического тока возможно не во всех материалах. Например, в фарфоре, резине,

мраморе, слюде свободных электронов практически нет, а все имеющиеся электроны прочно связаны с ядром. Поэтому электрические поля зарядов не могут вызвать перемещения электронов в определенном направлении и по таким материалам электрический ток не проходит. Эти материалы называются **диэлектриками**, или **изоляторами**.

К диэлектрикам относятся воздух, газ, слюда, мрамор, пластмасса, лаки и эмали, электрофарфор, лакоткани, стекловолокно и многие другие материалы.

В металлах, наоборот, много свободных электронов, и под действием сил электрического поля происходит перемещение электрических зарядов. Поэтому по металлу будет протекать электрический ток.

Материалы, проводящие электрический ток, называются **проводниками**.

Самые распространенные проводники: медь, алюминий.

Имеются также вещества, называемые **полупроводниками**, они занимают среднее положение между проводниками и диэлектриками. Полупроводники обладают особыми свойствами и широко используются в электронике. Полупроводники: германий, кремний, углерод, фосфор, бор, сера и т.д.

Ток, возникает под влиянием электрического поля, которое, действуя на электроны, приводит их в движение. Электрическое поле обладает свойством, распространяется вдоль проводника со скоростью близкой скорости света, т.е. $\approx 300\,000$ км/с.

Электрическое сопротивление – величина, характеризующая противодействие электрической цепи прохождению электрического тока.

Направленному движению электрических зарядов в любом проводнике препятствуют молекулы и атомы этого проводника. Поэтому и внешний участок электрической цепи, и внутренний (внутри самого источника энергии) оказывают препятствие прохождению тока.

Электрическое сопротивление обозначается буквой **R** и изображается на электрических схемах так, как показано на рис. 7.1

Единицей измерения сопротивления является Ом. Электрическое сопротивление линейного проводника, в котором при неизменяющей разности потенциалов в 1 В протекает ток силой в 1 А, равно 1 Ом:

$$1 \text{ Ом} = \frac{1\text{В}}{1\text{А}} \quad (7.1)$$

При измерении больших сопротивлений используют единицы в 1000 (килоомы) и 1 млн раз (мегаомы) больше 1 Ом:

$$1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом};$$

$$1 \text{ МОм} = 1\,000\,000 \text{ Ом}.$$

Для относительной оценки электрических свойств материала проводника служит его удельное сопротивление.

Удельное сопротивление – это сопротивление металлического проводника длиной 1 м и толщиной поперечного сечения 1 мм²; обозначается буквой ρ и измеряется в Ом · м или Ом · мм²/м.

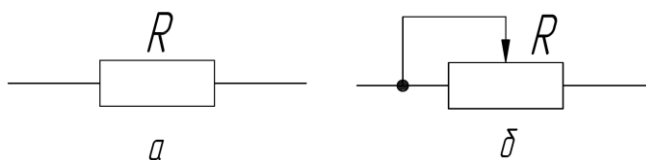


Рисунок 7.1 – Условные графические изображения резисторов: с постоянным сопротивлением (а), с регулируемым сопротивлением (реостат) (б)

Если проводник, изготовленный из материала с удельным сопротивлением ρ , имеет длину l , м, и площадь поперечного сечения S , мм², то сопротивление R этого проводника, Ом, определяется по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (7.2)$$

де ρ – удельное сопротивление материала проводника, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;

l – длина проводника, м;

s – площадь поперечного сечения проводника, мм² (площадь заштрихованной поверхности на рис. 7.2).

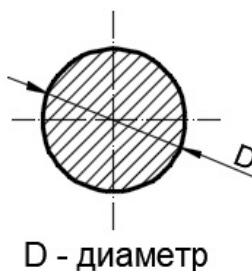


Рисунок 7.2 – Площадь поперечного сечения кабеля

$$S = \pi \cdot R^2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad [\text{мм}^2] \quad (7.3)$$

где R – радиус сечения кабеля, мм (отрезок, соединяющий центр окружности (или сферы) с любой точкой, лежащей на окружности (или сфере));

D – диаметр сечения кабеля, мм (отрезок, соединяющий две точки на окружности и проходящий через центр окружности, равен двум радиусам);

$\pi \approx 3,14$ – число Пи.

Сопротивление проводника не зависит от приложенного напряжения или силы тока.

Таким образом, согласно (7.2), чем длиннее проводник, тем больше его сопротивление. Но чем больше сечение проводника, тем меньше его сопротивление.

Сопротивление 1 Ом имеет медная проволока длиной примерно 57 м с сечением 1 мм^2 и $\rho = 0,0175 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$).

Сопротивление проводников зависит от температуры. Сопротивление металлических проводников с повышением температуры увеличивается. Эта зависимость достаточно сложная, но в относительно узких пределах изменения температуры (примерно до $200 \text{ }^\circ\text{C}$) можно считать, что для каждого металла существует определенный, так называемый температурный, коэффициент сопротивления α , который выражает прирост сопротивления проводника ΔR при изменении температуры на $1 \text{ }^\circ\text{C}$, отнесенный к 1 Ом начального сопротивления. Таким образом, температурный коэффициент сопротивления

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_2(T_2 - T_1)}, \quad (7.3)$$

а прирост сопротивления

$$\Delta R = R_2 - R_1 = \alpha R_2(T_2 - T_1), \quad (7.4)$$

где R_1 – сопротивление проводника при температуре T_1 ;

R_2 – сопротивление того же проводника при температуре T_2 .

Проводимость – это способность тела проводить электрический ток, свойство тела или среды, определяющее возникновение в них электрического тока под

воздействием электрического поля. Также физическая величина, характеризующая эту способность и обратная электрическому сопротивлению

Способность проводника пропускать электрический ток характеризуется **проводимостью**, которая представляет собой величину, обратную сопротивлению, и обозначается буквой g . Единицей измерения проводимости в СИ является 1/Ом (сименс).

$$g = \frac{1}{R} \quad (7.5)$$

Величина, обратная удельному сопротивлению материала проводника, называется **удельной проводимостью** и обозначается буквой γ . Таким образом, между удельным сопротивлением и удельной проводимостью материала имеет место следующее соотношение:

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \quad (7.6)$$

Таблица 7.1 – Удельные сопротивления различных проводников

Материал проводника	Удельное сопротивление ρ , Ом · мм ² /м
Серебро	0,016
Медь	0,0175
Алюминий	0,03
Вольфрам	0,05
Железо	0,13
Свинец	0,2
Никелин (сплав меди, никеля и цинка)	0,42
Манганин (сплав меди, никеля и марганца)	0,43
Ртуть	0,94
Нихром (сплав никеля, железа и марганца)	1,1

Пример 7.1. Проволока сечением 0,5 мм² и длиной 40 м имеет сопротивление 18 Ом. Определить материал проводника.

Решение

Материал проводника характеризует его удельное электрическое сопротивление:

$$\rho = \frac{RS}{l} = \frac{16 \cdot 0,5}{40} = 0,2 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}.$$

Из табл. 7.1 видно, что таким удельным сопротивлением обладает свинец.

Лекция №3. Понятие переменного тока, его параметры, уравнения, графики и векторные диаграммы

Переменным током называется такой электрический ток, который периодически изменяется по величине и направлению.

Для получения переменного тока используют электромашинные генераторы, работа которых основана на явлении электромагнитной индукции. Переменный ток имеет огромное практическое значение. Почти вся электроэнергия вырабатывается в виде энергии переменного тока. Возможность получать переменный ток различного напряжения (высокого – для передачи энергии на большие расстояния, низкого – для питания различных потребителей), простота устройства генераторов и двигателей переменного тока, надежность их работы, удобство эксплуатации и высокие технические характеристики дали им широкое применение. Наибольшее распространение получил *синусоидальный ток*.

Изменение тока по синусоидальному закону происходит плавно, без скачков и резких перепадов, что благоприятно сказывается на работе электрических машин и аппаратов.

Временная диаграмма синусоидального тока приведена на рис. 20.1. Его мгновенное значение описывается формулой

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi), \quad (20.1)$$

где I_m – максимальное значение (амплитуда) тока;

ω – угловая частота;

ψ – начальная фаза (значение аргумента в начальный момент времени, т. е. при $t = 0$).

Переменная ЭДС, переменное напряжение и переменный ток характеризуются периодом, частотой, мгновенным, максимальным и значениями, действующей величиной.

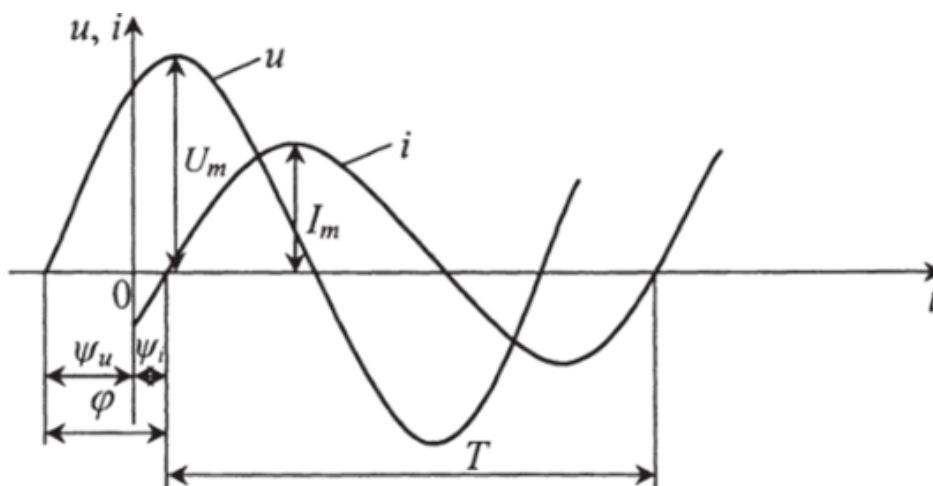


Рисунок 20.1 – Временная шкала синусоидального тока

Период. Время, в течение которого переменная ЭДС (напряжение или ток) совершает одно полное изменение по величине и направлению (один цикл), называется *периодом*. Период обозначается буквой **T** и измеряется в секундах (с).

Частота. Число полных изменений переменной ЭДС (напряжения или тока), совершаемых за 1 с, называется *частотой*. Частота обозначается буквой **f** и измеряется в герцах (Гц). При измерении больших частот пользуются единицами килogerц (кГц) и мегагерц (МГц):

$$1 \text{ кГц} = 1000 \text{ Гц}, 1 \text{ МГц} = 1000 \text{ кГц} = 1000000 \text{ Гц}.$$

Чем больше частота переменного тока, тем короче период. Таким образом, частота – это величина, обратная периоду:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (20.2)$$

При вращении витка в магнитном поле один его оборот соответствует 360° , или 2π радиан. Угловая скорость вращения этого витка выражается в радианах в секунду (рад/с) и определяется отношением $\frac{2\pi}{T}$. Эта величина называется *угловой частотой* и обозначается буквой ω :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f. \quad (20.3)$$

Угловая частота ω , выраженная в радианах в секунду, больше частоты тока, выраженной в герцах, в 2π раз.

Мгновенное и максимальное значения. Величины переменной ЭДС, силы тока,

напряжения и мощности в любой момент времени называют **мгновенными значениями** этих величин, обозначают соответственно строчными буквами (e, i, u, p) и записывают следующим образом:

$$\begin{aligned}e &= E_m \sin(\omega t + \psi); \\i &= I_m \sin(\omega t + \psi); \\u &= U_m \sin(\omega t + \psi); \\p &= P_m \sin(\omega t + \psi); \end{aligned} \quad (20.4)$$

Максимальным значением (амплитудой) переменной ЭДС (напряжения или тока) называется та наибольшая величина, которой она достигает за один период. Максимальное значение электродвижущей силы обозначается E_m , напряжения – U_m , тока – I_m

Действующая величина. Действующим значением переменного тока называется такая сила постоянного тока, которая, протекая через равное сопротивление и за одно и то же время, что и переменный ток, выделяет одинаковое количество теплоты.

– Электроизмерительные приборы (амперметр, вольтметр), включенные в цепь переменного тока, измеряют соответственно действующее значение тока и напряжения.

Для синусоидального переменного тока действующее значение меньше максимального в 1,41 раз, т.е. в $\sqrt{2}$ раза:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m}{1.41} = I_m \cdot 0,707. \quad (20.5)$$

Аналогично действующие значения переменной ЭДС и напряжения меньше их максимальных значений в 1,41 раза:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{E_m}{1.41} = E_m \cdot 0,707; \quad (20.6)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_m}{1.41} = U_m \cdot 0,707. \quad (20.7)$$

Пример 4.1. Вольтметр, подключенный к зажимам электрической цепи, показывает действующее напряжение $U = 36$ В. Вычислить максимальное значение (амплитуду) этого переменного напряжения.

Решение

Максимальное значение напряжения больше действующего в $\sqrt{2}$ раз, поэтому:

$$U_m = U\sqrt{2} = 36 \cdot 1,41 \approx 50,8 \text{ В}$$

Сдвиг фаз. При сопоставлении двух и более переменных синусоидальных величин (ЭДС, напряжения или тока) необходимо также

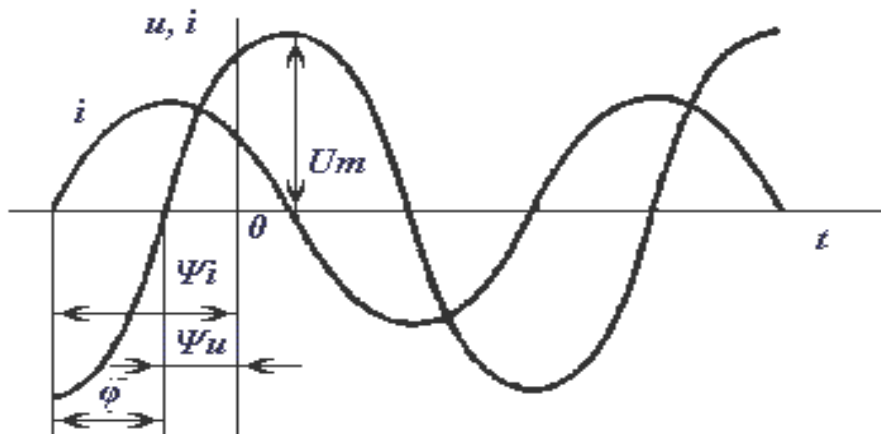


Рисунок 20.2 – Диаграмма изменения величин переменного тока и напряжения, не совпадающих по фазе

учитывать, что они могут изменяться во времени неодинаково и достигать своего максимального значения в разные моменты времени. Графики изменения переменного тока i и напряжения u , не совпадающих по фазе, показаны на рис. 20.2.

Сдвиг фаз между напряжением и током есть алгебраическая величина, определяемая путем вычитания начальной фазы тока из начальной фазы напряжения:

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i, \quad (20.8)$$

Запомните

- Если $\varphi > 0$, то напряжение опережает ток по фазе.
- Если $\varphi < 0$, то напряжение отстает по фазе от тока.
- Если $\varphi = 0$, то ток и напряжение совпадают по фазе.

Лекция №4. Классификация, назначение и области применения электрических машин

Электрическая машина представляет собой электромеханическое устройство, осуществляющее взаимное преобразование механической и электрической энергии.

Принцип действия электромагнитных устройств и электрических машин основан на **явлении электромагнитной индукции**. Явление электромагнитной индукции возникает при изменении магнитного потока, связанного с обмотками машины. Это изменение может происходить или при перемещении обмоток в магнитном поле, или вследствие изменения во времени величины связанного с ними потока, или обоими этими способами.

По роду тока электрические машины и электромагнитные устройства разделяются на машины и устройства постоянного и переменного тока.

Машины постоянного тока (МПТ) используются как генераторы и двигатели, электромашинные усилители и преобразователи напряжения постоянного тока. Двигатели постоянного тока обычно предназначаются для электроприводов, требующих широкого диапазона регулирования скорости вращения. Двигатели малой мощности часто применяются в системах автоматического регулирования в качестве исполнительных двигателей.

К машинам переменного тока относятся синхронные и асинхронные машины, трансформаторы и преобразователи переменного тока.

Синхронные машины используются как генераторы переменного тока, синхронные двигатели разных мощностей и компенсаторы реактивной мощности. Большое распространение получили синхронные двигатели малых мощностей в системах автоматического регулирования, требующих постоянной скорости вращения.

Асинхронные машины используются преимущественно как двигатели. Они просты в изготовлении, относительно дешевы и надежны в эксплуатации. Поэтому асинхронные двигатели по сравнению с двигателями других типов, получили наибольшее распространение. В электроприводах средней и большой мощности применяются трехфазные **асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором**, у которых скорость вращения практически не изменяется. У **двигателей с фазным**

ротором можно плавно регулировать скорость вращения. В бытовой технике и в схемах автоматики используются асинхронные исполнительные двигатели, имеющие двухфазную обмотку на статоре и запитываемые от однофазной сети.

Трансформаторы – однофазные и трехфазные, применяют для преобразования величины входного переменного напряжения в зависимости от коэффициента трансформации.

Электрические машины мощностью до 600 Вт составляют класс микромашин. Микромашины имеют скорость вращения от одного оборота в час до 30000 об/мин и более и широко применяются в бытовой технике и в системах автоматического регулирования.

Основная группа микромашин – это двигатели для бытовой техники и исполнительные двигатели автоматических устройств. **Вторая группа микромашин,** используемая в основном в системах автоматики, это информационные электрические машины. Если исполнительные двигатели преобразуют электрический сигнал в заданное механическое вращение или поворот вала, то **информационные микромашины преобразуют скорость механического вращения в электрический сигнал (тахогенераторы).**

Электромагнитные устройства – это исполнительные и командные релейные устройства, используемые в качестве исполнительных устройств в аппаратуре управления и аварийной защиты электротехнических устройств. К электромагнитным устройствам относятся контакторы постоянного и переменного тока, бесконтактные реле, магнитные пускатели, автоматические выключатели, температурные реле и реле времени.

Рассмотрим классификацию электрических машин по принципу действия.

Все электрические машины разделяются на **бесколлекторные и коллекторные,** различающиеся как принципом действия, так и конструкцией.

Бесколлекторные машины — это машины переменного тока.

Они разделяются на **асинхронные и синхронные.**

Асинхронные машины применяются преимущественно в качестве двигателей,

Синхронные — как в качестве двигателей, так и в качестве генераторов.

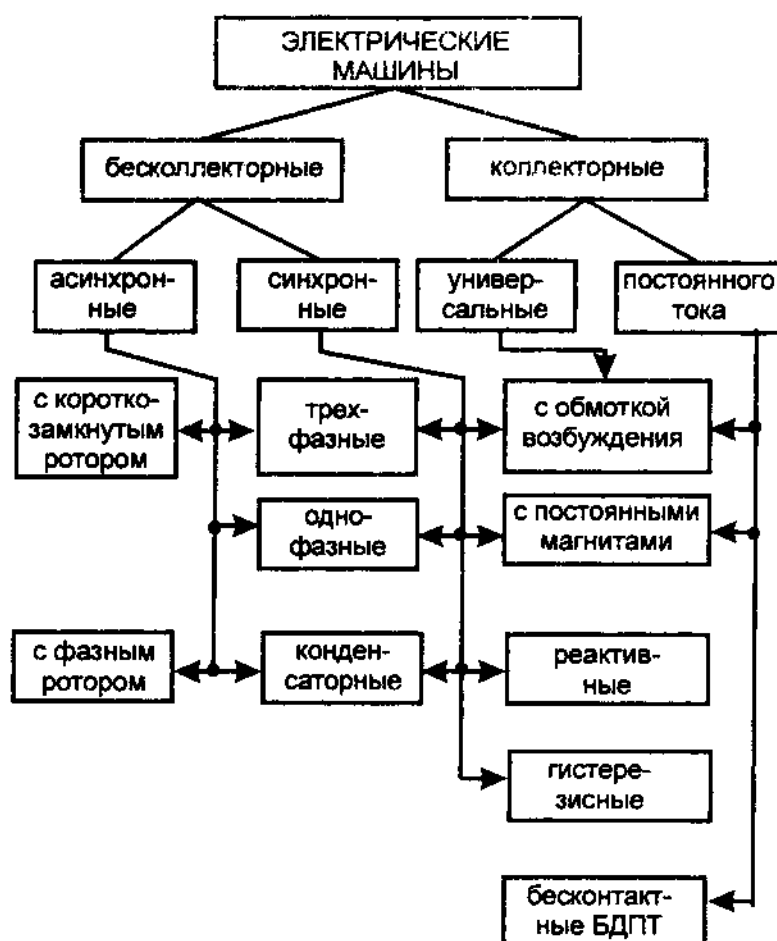


Рис 1 – Классификация электрических машин

Коллекторные машины применяются главным образом для работы на постоянном токе в качестве генераторов или двигателей. Лишь коллекторные машины небольшой мощности делают универсальными двигателями, способными работать как от сети постоянного, так и от сети переменного тока.

Трансформаторами называются статическими преобразователями электроэнергии переменного тока. Отсутствие каких-либо вращающихся частей придает трансформаторам конструкцию, принципиально отличающую их от электрических машин. Однако принцип действия трансформаторов, так же как и принцип действия электрических машин, основан на явлении электромагнитной индукции, и поэтому многие положения теории трансформаторов составляют основу теории электрических машин переменного тока.

Лекция №5. Виды и назначение сварки

Сварка является одним из самых распространенных технологических процессов обработки металлов и служит для неразъемного соединения металлов путем нагревания сварных швов до жидкого или пластического состояния.

Сущность сварки в сближении частиц металлов на расстояние, близкое к расстоянию между молекулами, что обеспечивает большую прочность сварочного соединения. В современном обществе трудно назвать такую область обработки металла, где не применялась бы сварка. Это и кино- и радиоаппаратура, точное приборостроение, строительство каркасов зданий, морских судов, газопроводов, машиностроение, особенно актуальная в последнее время сварка металлоконструкций: металлические заборы и ворота, решетки на окна и другие элементы архитектурных форм в городе, отвечающие за благоустройство.

Сварка даёт возможность замены тяжелых и трудоемких работ на более простые и легкие. За счет чего экономится металл, сокращаются сроки работ, снижается себестоимость изготовления конструкций. Сварные соединения прочны и надежны, что имеет большое значение в производстве различных сосудов, где хранятся и перевозятся жидкости и сжиженные газы, для котлов отопления и т.п.

Огромное значение сварки обуславливается тем, что такие способы как электродуговая, контактная, электрошлаковая и другие, автоматизированы и механизированы, что позволяет получать сложные сварные конструкции при высоких технико-экономических показателях. Достижения в технологии, удобная аппаратура плюс высокая производительность сварочных процессов обеспечивают сварке всё более широкое применение в различных областях производства, строительства и ремонта.

При выборе вида сварки необходимо учитывать способность металла к образованию прочного соединения. Хорошо свариваются металлы с высокой теплопроводностью, взаимной растворимостью, низким коэффициентом линейного расширения и небольшой усадкой.

Способы сварки

Кузнечная сварка. Металл при этом виде сварки нагревают в кузнечном горне или в специализированной печи. Для получения прочного шва, нужно чтобы в местах соединения металл прогревался полностью.

Контактная электросварка или сварка электросопротивлением, основана на быстром нагреве зоны контакта свариваемых металлов путем пропускания через них тока большой силы и малого напряжения.

При электродуговой сварке места сварки и присадочный материал расплавляются жаром электрической дуги. Расплавленные электродный и основной материал смешиваются в сварочной ванне и при движении дуги вдоль свариваемых кромок быстро твердеет, образуя, сварочный шов.

При газовой сварке места соединения металлов и присадка плавятся за счет сгорания горючих газов, которые, смешиваясь с кислородом, дают высокую температуру пламени (около 3000 градусов по Цельсию). Обычно горючим газом служит ацетилен. Газорезку используют для разделения на части рельсов, сортового проката, материала большой толщины, а так же для вырезания из толстого листа деталей сложной конфигурации.

Газовая резка позволяет разрезать сталь толщиной свыше 2000 миллиметров. Качество сварных швов проверяется многочисленными способами. Простейшим из них, является осмотр мест сварки при помощи лупы. Он позволяет выявить поверхностные раковины, поры, шлаковые включения, пережог, мелкие трещины, неравномерность швов и другие наружные дефекты. Часто практикуется проба на изгиб. Суть её состоит в определении угла, при котором на шве появляется первая трещина. Причина возникновения дефектов в сварном шве очень разнообразны.

Лекция №6. Основные виды и характеристики источников электрической энергии

Источниками электрической энергии являются аккумуляторы, термоэлектрические элементы, электрические генераторы, фотоэлектрические элементы и др., т.е. в которых происходит преобразование различного вида энергии (энергии химических реакций, тепловой, механической, световой энергии и т.д.) в электрическую энергию (рис. 6.1).

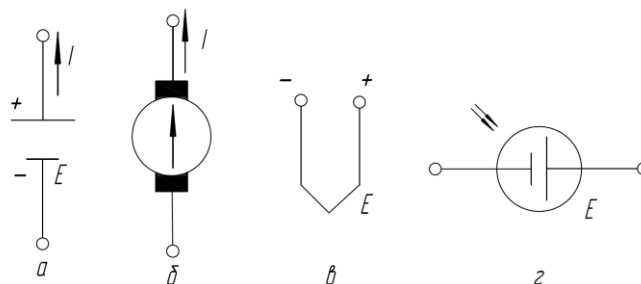


Рисунок 6.1 – Условные обозначения источников постоянного тока на электрических схемах: гальванический элемент (а), генератор постоянного тока (б), термопара (в), фотоэлемент (г)

Активными элементами электрической цепи являются источники ЭДС и тока, а также полупроводниковые приборы.

Простыми электрическими цепями называют цепи с одним источником электроэнергии. **Сложные цепи** содержат два и более источника электроэнергии.

ТЭС – тепловые электростанции. Принцип их работы заключается в сжигании ископаемого топлива. Производят свыше 40% мировой электроэнергии. Топливом для них служат: нефть, газ, уголь, а также мазут, торф, сланцы...

ГРЭС – государственные районные электростанции (аббревиатура, сохранившаяся с советских времен).

АЭС – атомные электростанции. Производят большое количество энергии, при потреблении маленького количества топлива. Топливом им служат радиоактивные элементы, такие как уран и плутоний. АЭС – это тепловые электростанции.

ГЭС – гидроэлектростанции. Производят электроэнергию, используя механическую энергию движения воды. Внешне они представляют собой огромные плотины.

Лекция №7. Действие электрического тока на человека, опасные значения тока и напряжения

Краткая характеристика производственного электротравматизма

Таблица 4.1 – Производственный электротравматизм по видам электроустановок

Вид электроустановки	Электротравматизм, %	Вид электроустановки	Электротравматизм, %
1. ВЛ (всего). Из них:	33,4	4. Машины электро-фицированные	14,8
1.1 Линии электропередач	28,6	4.1 Передвижные	12,0
1.2 Контактные сети	2,9	4.2 Переносные и	2,8
1.3 Линии связи	1,9	5. Установки	5,8
2. ТП и РУ (всего). Из них:	22,7	5.1 Из них ручные	5,3
2.1 КТП и КРУ	8,3	5.2 Установки	3,3
2.2 ЗРУ	7,6	6. Светильники	4
2.3 Щиты, шкафы	4,5	6.1 Из них	2,5
3. Электроподъемники	3,9	7. Прочие	12,1

Больше половины всех несчастных случаев приходится на воздушные линии (ВЛ), трансформаторные подстанции (ТП) и распределительные устройства (РУ). Из них 75 % происходит при напряжении 6 и 10 кВ. Наибольшую опасность представляют ВЛ, расположенные на территории предприятий истроек. Примерно 60 % травм на линиях электропередачи обусловлено соприкосновением с ними автокранов, буровых вышек, лестниц и других крупногабаритных объектов, т.е. фактически не связано с обслуживанием линий. Статистика электротравматизма показывает, что чем моложе работники, тем выше у них частота электротравматизма.

Высокий травматизм у квалифицированных опытных работников объясняется тем, что им приходится выполнять основной объем электроопасных работ и, следовательно, вероятность попадания под напряжение у них больше, чем у работников с малым опытом. Это свидетельствует о необходимости строжайшего соблюдения требований безопасности при обслуживании, ремонте и испытаниях электроустановок и электрических сетей промышленных предприятий.

Виды электротравм

В процессе выполнения работ по обслуживанию, ремонту и испытаниям

электроустановок и электросетей промышленных предприятий возникает вероятность попадания человека под напряжение, т.е. прикосновения к точке, потенциал которой отличается от потенциала земли, или к двум точкам электроустановки с различными потенциалами.

До момента соприкосновения с частями конструкций, находящихся под напряжением, электрический ток не воздействует на органы чувств. При соприкосновении электрический ток, протекая через тело человека, может вызвать термическое, электрическое или биологическое воздействие на организм. Первое воздействие характеризуется нагреванием тканей, вплоть до ожогов, второе – разложением жидкостей и крови в организме человека, а третье – сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Различают три вида электротравм:

- местные, при которых появляются местные ожоги, повреждения;
- общие, когда поражается жизненно важные органы человека (такой вид поражения называют электрическим ударом);
- смешанные.

Местные электротравмы характеризуются такими поражениями, как металлизация кожи, появление электрических знаков, механические повреждения и электроофтальмия (воспаление наружных оболочек глаз в результате воздействия ультрафиолетовых лучей от дуговой электросварки).

Общие электротравмы представляют собой результат электрического удара, возбуждающего живые ткани до состояния судорожных сокращений. Общие электротравмы разделяют:

- на вызывающие сокращение мышц без потери сознания;
- приводящие к судорожному сокращению мышц с потерей сознания, но работающем сердцем и системой дыхания;
- с потерей сознания и нарушением сердечной деятельности и дыхания;
- электрические удары, вызывающие клиническую смерть пострадавшего.

Под клинической смертью понимают переходное состояние пострадавшего от жизни к смерти. Состояние клинической смерти длится 6-7 мин. Если за это время пострадавшему не удалось оказать помощь, которая привела бы его в жизнеспособное

состояние, то наступают необратимые процессы. Причинами смерти являются: прекращение дыхания, работы сердца, электрический шок.

Факторы, влияющие на исход поражения человека током

Основными факторами, влияющими на степень поражения электрическим током, являются: путь тока в теле человека (рис. 4.1), сила тока, вид тока (постоянный или переменный), а также время его прохождения. Наиболее опасными направлениями прохождения тока считают «голова – руки», «голова – ноги», наиболее распространенные случаи – петли «рука – нога», «рука – рука», так как при этом ток поражает органы сердца и дыхания.

Силу электрического тока, проходящего через тело человека, можно определить по закону Ома, как отношение приложенного напряжения к сопротивлению тела человека. Сопротивление тела человека существенно зависит от состояния поверхности кожи в месте соприкосновения, общего физиологического и психологического состояния организма и др. Оно может изменяться от нескольких сотен до десятков тысяч Ом. Если кожа потная, смочена эмульсией или другими растворами, засорена токопроводящей пылью, то сопротивление резко снижается. Наиболее опасен ток промышленной частоты (50 Гц). Токи высокой частоты обычно не вызывают электрического шока, но при длительном воздействии могут привести к ожогу отдельных частей тела или их перегреву.

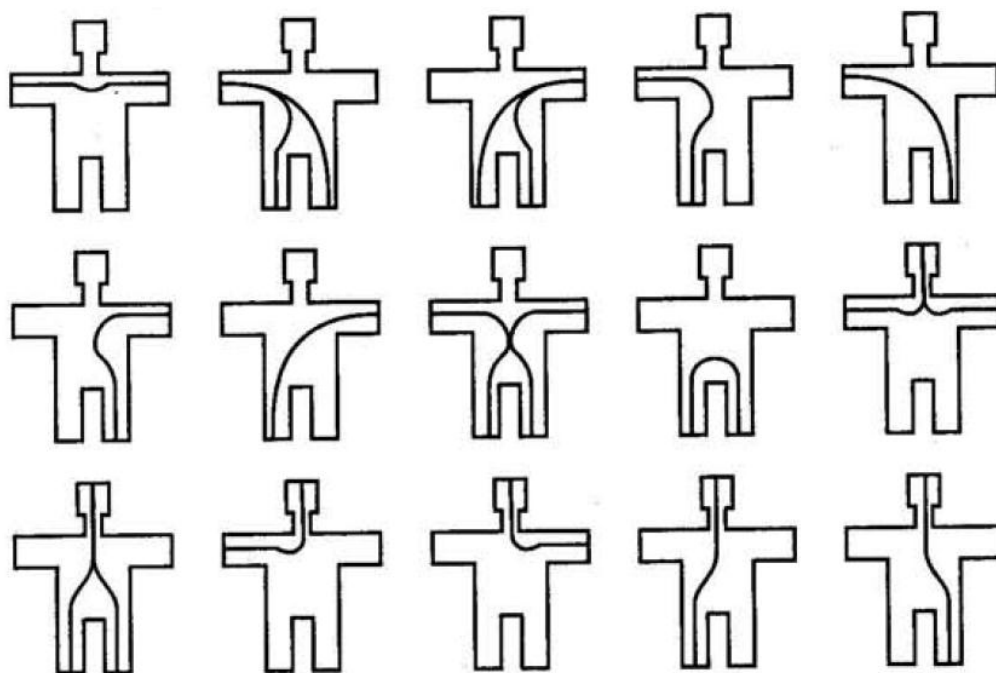


Рисунок 4.1 – Пути прохождения тока в теле человека

Раздражающее действие переменного тока промышленной частоты человек начинает ощущать при токе 1,0-1,5 мА и постоянном токе 5-7 мА. Эти токи называют *пороговыми ощутимыми*. Серьезной опасности для человека они не представляют – человек может самостоятельно отделиться от цепи. Если переменный ток достигает 5-10 мА, то раздражающее усилие становится более ощутимым. Появляется боль в мышцах, которая может привести к судорогам. При переменных токах 10-15 мА и постоянных токах 50-80 мА боль и судороги мышц рук и ног становятся такими сильными, что человек не в состоянии разжать руку, отбросить от себя провод, отойти от места поражения. Эти токи называют *пороговыми неотпускающими*.

При переменном токе промышленной частоты величиной 25 мА и выше происходит судорожное сокращение мышц не только рук и ног, но и грудной клетки.

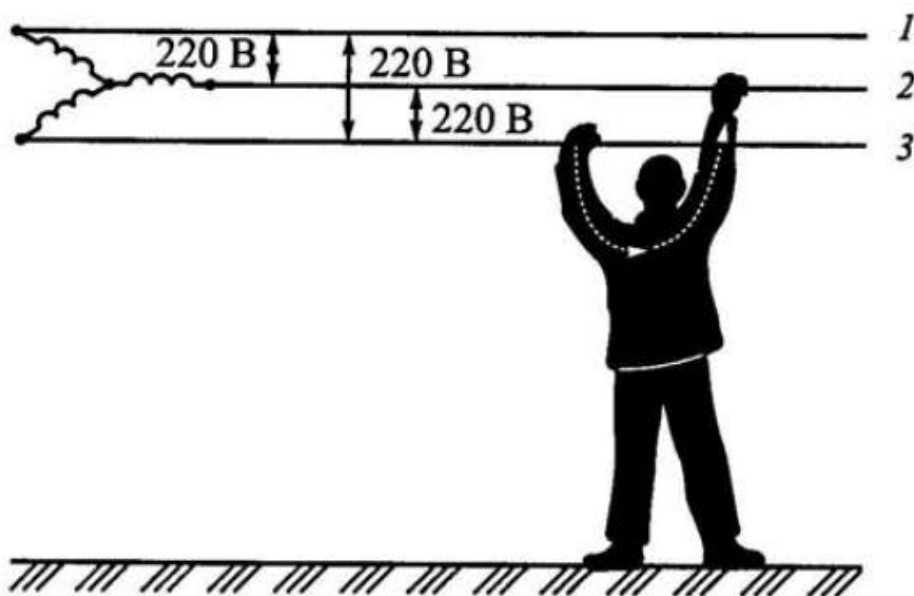


Рисунок 4.2 – Прикосновение к двум проводам трехфазной сети с линейным напряжением 220 В с изолированной нейтралью: 1, 2, 3 – фазные провода

При токе 50 мА частотой 50 Гц работа органов дыхания очень затрудняется, а при токе 100 мА и выше и при постоянном токе 300 мА за время 1-2 с поражается сердце. Это проявляется в его *фибриляции*. Токи эти называют фибрилляционными. Сердце при фибрилляции, как орган перекачки крови, не выполняет свои функции, в организм поступает недостаточное количество кислорода. Происходит острое кислородное голодание, сопровождающееся остановкой дыхания и наступлением

клинической смерти, которая переходит в биологическую, если пострадавшему не оказана своевременно первая помощь.

Длительность воздействия тока на человека является очень важным фактором, влияющим на исход поражения.

Защиту от поражения электрическим током рассчитывают с учетом данных, приведенных ниже.

Ток, мА.....	2	6	50	75	100	250
Длительность воздействия, с	более 10	не более 10	1,0	0,7	0,5	0,2

При расчетах учитывают, что сопротивление тела человека зависит от пола и возраста людей: у женщин это сопротивление меньше, чем у мужчин, у детей – меньше, чем у взрослых, у молодых людей меньше, чем у пожилых. Объясняется это толщиной и степенью огрубения верхнего слоя кожи. Кратковременное (на несколько минут) снижение сопротивления тела человека (на 20-50 %) вызывают внешние, неожиданно возникающие, физические раздражения: болевые (удары, уколы), световые и звуковые. Так как сопротивление тела человека электрическому току нелинейно и нестабильно и вести расчеты с такими сопротивлениями сложно, принято условно считать, что сопротивление тела человека стабильно, линейно, активно и составляет 1000 Ом.

Лекция №8. Классификация и назначение заземлителей

Поражение человека электрическим током возможно при прикосновении к **токоведущим частям, находящимся под напряжением**, или к **металлическим нетоковедущим частям** оборудования и сетей, оказавшимся под напряжением при нарушении изоляции.

Различают два вида прикосновения к токоведущим частям: двухполюсное, когда человек одновременно прикасается, чаще всего руками, к двум фазам сети, и однополюсное, когда человек, стоя на земле или заземленной конструкции здания прикасается лишь к одной фазе сети. Наиболее опасны случаи двухполюсного прикосновения, так как человек оказывается включенным на линейное напряжение $U_{л}$ установки. В этом случае ток, протекающий через тело человека

$$I_{ч} = \frac{U_{л}}{R_{ч}}$$

где $R_{ч}$ – электрическое сопротивление тела или части тела человека, Ом;

$I_{ч}$ – ток протекающий через тело человека, А.

Случаи двухполюсного прикосновения на практике встречаются редко. Наиболее частым являются однополюсные прикосновения, при которых человек попадает под фазное напряжение $U_{ф}$ и значения тока $I_{ч}$ определим по выражению:

$$I_{ч} = \frac{U_{ф}}{R_{ч}}$$

Электрическое сопротивление человеческого тела в зависимости от многих факторов изменяется в широких пределах (от 500 до 100000 Ом). **К таким факторам можно отнести:** общее состояние здоровья человека, состояние кожного покрова и его влажность, условия окружающей среды, длительность прохождения тока и т.д. В расчетах по технике безопасности сопротивление тела человека обычно принимается равным 1000 Ом.

Тяжесть электротравмы зависит от значения тока и длительности его прохождения. Установлено, что в большинстве случаев ток 0,1 А представляет собой смертельную опасность для жизни человека.

Для жизни человека опасен как переменный, так и постоянный ток, однако наибольшую опасность представляет переменный ток промышленной частоты (50 Гц).

При повышении частоты переменного тока опасность поражения уменьшается.

Для защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям электрического оборудования, случайно оказавшийся под напряжением, должна применяться как минимум одна из следующих мер:

- заземление,
- зануление,
- защитное отключение,
- разделяющий трансформатор,
- безопасное малое напряжение,
- двойная изоляция.

Защитным заземлением называется преднамеренное соединение металлических частей электроустановки нормально не находящихся под напряжением, но которые могут оказаться под ним вследствие нарушения изоляции электроустановки с заземляющим устройством.

Занулением в электроустановках в сетях напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью называется преднамеренное электрическое соединение с помощью нулевого защитного проводника металлических нетоковедущих частей электрооборудования с заземленной нейтралью трансформатора или генератора.

Заземляющее устройство состоит из заземлителей и заземляющих проводников.

Заземлитель представляет собой один или несколько металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Заземляющие проводники – это металлические проводники, соединяющие заземлитель с заземленными частями электроустановки.

Сопротивление заземляющего устройства состоит из сопротивлений заземлителя и заземляющих проводников, определяется по формуле:

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3},$$

где U_3 – напряжение относительно земли (нулевого потенциала), В;

I_3 – ток замыкания на землю, т.е. ток, проходящий через землю в месте

замыкания.

Применяются заземлители искусственные и естественные. В качестве естественных заземлителей могут использованы металлические части, находящиеся в земле: металлические трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или взрывчатых газов и примесей), металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, свинцовые оболочки кабелей и др.

Искусственными заземлителями являются отрезки угловой стали размером 50×50×4 мм и длиной 2,5...3 м; стальные трубы диаметром 50 мм той же длины с толщиной стенки не менее 3,5 мм, отрезки круглой стали диаметром 16 мм длиной до 5 м. Заземлители (вертикальные электроды) соединяются между собой стальной полосой размером 40×5 мм.

ПУЭ устанавливает величину сопротивления заземляющего устройства [4, стр. 77, пункт 1,7.62].

Согласно этому в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью или нейтралью, изолированной от земли, сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть:

- не более 2 Ом – при линейном напряжении сети 660 В;
- не более 4 Ом – при линейном напряжении сети 380 В
- не более 8 Ом – при линейном напряжении сети 220 В.

Выполнение заземления обязательно:

1. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках при напряжении переменного тока выше 42 В и постоянного тока выше 110 В;

2. В помещениях без повышенной опасности при напряжении переменного тока 380 В и выше и постоянного тока 440 В и выше.

Заземлению (занулению) подлежат следующие части электрооборудования: металлические корпуса трансформаторов, электродвигателей, пусковой аппаратуры, каркасы и кожухи электрических устройств, металлические трубы электропроводок, корпуса щитов, щитков, шкафов, светильников, стальные трубы и корпуса электропроводок на лестничных клетках, в технологических подпольях и на чердаках

и т.п.

В ЭУ до 1 кВ с глухо-заземленной нейтралью должно быть выполнено зануление. Применение в таких ЭУ заземления корпусов ЭП без их зануления не допускается. [17, стр. 69 пункт 1.7.39]

ПУЭ оговаривает части ЭУ, подлежащие занулению или заземлению. См. [17, стр. 71 пункт 1.7.46].

Зануление корпусов ЭП должно производиться специальным зануляющим проводником. Использование нулевого рабочего проводника в качестве заземляющего проводника не допускается [17, стр.77 пункт 1.7.60].

Для заземления ЭП необходимо иметь заземляющее устройство. Заземлители могут быть естественные и искусственные. Величина сопротивления естественного заземления определяется путем расчета или задается.

Если сопротивление естественного заземлителя превышает указанные величины, то необходимо предусмотреть искусственный заземлитель.

Расчет заземляющих устройств. При расчете заземляющего устройства определяются расстояние между заземлителями, их количество и место размещения, а также сечение заземляющих проводников. Этот расчет производится для ожидаемого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с существующими требованиями ПУЭ.

Расчет заземляющих устройств сводится главным образом к расчету собственно заземлителя, так как заземляющие проводники в большинстве случаев принимаются по условиям механической прочности и стойкости к коррозии по ПТЭ и ПУЭ.