

## Электротехника и электроснабжение. Вопросы и краткие ответы

### 1 Основные понятия и законы электротехники – Ома, Джоуля-Ленца, Ампера (магнитной индукции), Фарадея (электромагнитной индукции). Виды тока [1, с. 7-14]

Электродвижущая сила (ЭДС) источника придаёт энергию электрическим зарядам, создавая напряжение, под действием которого они, двигаясь (скорость движения = сила тока) проходят через потребитель, оказывающий сопротивление и отдают ему накопленную энергию со скоростью, называемой мощностью.

Электрической цепью называют совокупность источников электроэнергии, потребителей и соединительных проводов. Изображение электрической цепи называют схемой.

**Закон Ома.** Ток участка цепи пропорционален напряжению и обратно пропорционален сопротивлению;  $I = U / r$ .

**Закон Джоуля-Ленца.** Количество тепловой энергии, выделяемой при протекании тока по сопротивлению равно квадрату силы тока, умноженному на сопротивление и на время;  $W = I^2 r t$ .

**Закон Ампера** устанавливает, какая сила  $F$  действует на проводник с током  $I$  если он находится в равномерном магнитном поле с индукцией  $B$ :

$F = I B l \sin\alpha$ ;  $l$  – длина проводника;  $\alpha$  – угол между током и магнитной индукцией. Сила Ампера направлена перпендикулярно току и индукции (правило левой руки, ток по пальцам, индукция в ладонь, сила – большой).

**Закон Фарадея.** Электродвижущая сила, возникающая в замкнутом контуре при изменении магнитного потока равна скорости изменения потока, взятой с отрицательным знаком;  $e = - d\Phi/dt$ . В частности, при синусоидальном изменении магнитного потока в катушке, ЭДС равна произведению числа витков катушки на угловую частоту тока ( $\omega = 2 \pi f$ ) и на магнитный поток;  $E = w \omega \Phi$ .

Ток может быть постоянным и переменным (однофазным, трёхфазным, высокочастотным) а также импульсным.

### 2 Электротехнические материалы – проводники, диэлектрики, полупроводники, магнитные и другие материалы [1, с. 14-21]

Основные проводники – медь, алюминий, железо, серебро, золото, латунь, никром, фехраль, манганин, свинец, олово, никель, вольфрам, уголь.

Диэлектрики: 1 – пластмассы – бакелит, гетинакс, текстолит, полиэтилен, поливинилхлорид, политетрафторэтилен (фторопласт, тефлон), полиэтилентерефталат (лавсан), полистирол, капрон.

2 – каучук – резина, эбонит.

3 – неорганические – стёкла, фарфор, слюда, асбест.

4 – жидкие – трансформаторное масло, конденсаторное, кабельное.

Полупроводники: кремний, основной полупроводниковый материал; германий – был применен раньше кремния, до сих пор применяется; полупроводниковые соединения – карбид кремния, арсенид галлия и др.

Магнитные: железо с добавками кремния – электротехническая сталь; железо-никелевый сплав – пермаллой; ферриты. Магнитотвёрдые сплавы и соединения для изготовления постоянных магнитов – бариевых, самариевых, неодимовых и др.

Другие это конструкционные материалы, например сталь, чугун.

### **3 Источники и потребители, передача электроэнергии постоянным током. Последовательное, параллельное и смешанное соединение потребителей [1, с. 24-31]**

Электрической цепью называют совокупность источников электроэнергии, потребителей и соединительных проводов. Изображение электрической цепи называют схемой

Источник электрической энергии с электродвижущей силой  $E$  повышает энергию электрических зарядов. Протекая через потребитель эти заряды отдают ему запасённую энергию.

При последовательном соединении складываются сопротивления и напряжения; оно не подходит для электроснабжения.

Параллельное соединение подходит для электроснабжения, при нём складываются токи и мощности.

Смешанное соединение это последовательно включенные провода линии электропередачи и параллельно включённые потребители.

### **4 Потеря напряжения и мощности в линии постоянного тока. Потери в магистральной линии [1, с. 31-33]**

Если потребитель удалён от источника на некоторое расстояние  $l$ , то сопротивление провода линии  $r = r_0 l$ , где  $r_0$  – сопротивление 1 километра провода, Ом;  $l$  – расстояние, км.

В процентном выражении потеря напряжения

$$\Delta u_{\%} \approx 2l \frac{r_0 I}{U_H} \cdot 100\% = 2l \frac{r_0 P}{U_H^2} \cdot 100\%$$

В процентном выражении потеря мощности

$$\Delta p_{\%} \approx 2l \frac{r_0 I^2}{P} \cdot 100\% = 2l \frac{r_0 P}{U_H^2} \cdot 100\%$$

Для линии постоянного тока формулы потерь одинаковы. При увеличении напряжения вдвое потери снижаются в 4 раза.

При питании нескольких потребителей, подключённых к одной магистральной линии на разных расстояниях, потеря напряжения в конце линии определяется по формуле

$$\Delta u_{\%} = 2r_0 \frac{\sum I_i P_i}{U_H^2} \cdot 100\%$$

## **5 Питание потребителя от двух источников. Правила Кирхгофа. Методы расчёта. Потенциальная диаграмма [1, с. 33-35]**

В случаях, когда источников питания больше, чем один, электрическую цепь называют сложной и для расчёта токов следует пользоваться правилами Кирхгофа:

**1 правило Кирхгофа.** Сумма токов втекающих в узел равна сумме токов, вытекающих из узла.

**2 правило Кирхгофа.** В замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма падений напряжений на участках цепи, входящих в этот контур, равна алгебраической сумме электродвижущих сил (ЭДС) в нём.

Для расчёта применяются методы:

- 1 Непосредственного использования правил Кирхгофа.
- 2 Метод контурных токов.
- 3 Метод узловых потенциалов.

Для построения потенциальной диаграммы один из узлов схемы заземляется, его потенциал равен 0. По горизонтали откладывается сопротивление, по вертикали – потенциал. Если мы движемся по току, то потенциал уменьшается на произведение силы тока на сопротивление (как уровень воды по течению реки). Если мы движемся против тока, то потенциал повышается. Попутные ЭДС увеличивают потенциал, встречные уменьшают. Если пройти по замкнутому контуру потенциал вернётся к 0.

## **6 Переменный электрический ток, амплитуда, частота, фаза, действующее значение. Векторные диаграммы [1, с. 36-38]**

Переменный ток изменяется по синусоидальному закону. У него есть амплитуда (максимальное отклонение от нуля), частота (количество периодов в секунду, герц) и фаза. Действующее значение переменного тока в корень из двух раз меньше амплитудного. Это же относится и к переменному напряжению. На комплексной плоскости токи и напряжения представляются векторами, вращающимися против часовой стрелки с угловой частотой  $\omega = 2 \pi f$  (радиан в секунду). Это называется векторной диаграммой. Векторные диаграммы позволяют наглядно представить соотношения между токами и напряжениями по величине и по фазе.

## 7 Переменный ток в цепи с индуктивностью и с конденсатором [1, с. 39-41]

Индуктивность характеризует энергию, которую катушка может запасти в своём магнитном поле;  $W_L = LI^2/2$ . Напряжение на катушке индуктивности пропорционально производной от тока, т. е. на векторной диаграмме опережает ток на девяносто градусов. Сопротивление индуктивности переменному току равно произведению угловой частоты на индуктивность;  $x_L = \omega L$ .

Ёмкость конденсатора характеризует энергию, которую он может запасти в своём электрическом поле;  $W_C = C U^2 / 2$ . Напряжение на конденсаторе пропорционально интегралу от тока, т. е. на векторной диаграмме отстаёт от тока на девяносто градусов. Сопротивление конденсатора переменному току равно единице делённой на произведение угловой частоты на ёмкость;  $x_C = 1 / \omega C$ .

## 8 Электромагнитное устройство в цепи переменного тока. Активная, реактивная и полная мощность, коэффициент мощности. Определение параметров [1, с. 41-44]

Характеризуется индуктивным  $x_L$  и активным  $r$  сопротивлением.

*Активная мощность*  $P = I^2 r$  (потребляемая активным сопротивлением) измеряется в ваттах, а *реактивная мощность*  $Q = I^2 x_L$  (циркулирующая через реактивное сопротивление  $x_L$ ) измеряется в варах; также для характеристики мощности нагрузки используют ещё два параметра: полную мощность  $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = UI$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi = P/S$ .

Для определения параметров схемы замещения электромагнитного устройства достаточно измерить напряжение  $U$ , силу тока  $I$  и активную мощность  $P$ :

$$z = \frac{U}{I}; r = \frac{P}{I^2}; x_L = \sqrt{z^2 - r^2}; L = \frac{x_L}{\omega} = \frac{x_L}{2\pi f}.$$

## 9 Электродинамический ваттметр. Счётчики электроэнергии [1, с. 44-45, с. 66-68]

Для измерения мощности применяются приборы электродинамической и ферродинамической системы. Они состоят из неподвижной катушки и расположенной внутри неё подвижной катушки. Вращающий момент возникает вследствие взаимодействия токов катушек через создаваемые ими магнитные поля и пропорционален напряжению  $U$  и току  $I$  с учётом угла сдвига фаз между ними  $\varphi$  ( $\cos\varphi$  – коэффициент мощности);  $P = UI \cos\varphi$ .

Счётчики умножают напряжение  $U$  на ток  $I$  и на время протекания этого тока  $t$  также с учётом коэффициента мощности;  $W = UI \cos\varphi t$ .

## 10 Последовательное соединение катушки индуктивности с конденсатором, резонанс напряжений [1, с. 45-46]

При последовательном соединении сопротивление конденсатора вычитается из сопротивления катушки индуктивности. Полученное реактивное сопротивление складывается с активным через корень квадратный из суммы квадратов;  $z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}$ ; это результирующее полное сопротивление. Ток в цепи определяется как частное от деления напряжения на полное сопротивление. При равенстве индуктивное сопротивление катушки и емкостное сопротивление конденсатора взаимно компенсируют друг друга. При этом полное сопротивление минимально и равно активному сопротивлению, а сила тока максимальна. Обмен энергией между катушкой индуктивности и конденсатором также достигает максимума, на этих элементах наблюдаются перенапряжения. Такой режим называют резонансом напряжений. При резонансе напряжений сверхтоки могут вызвать перегорание проводов или контактов, а перенапряжения – пробой изоляции, поэтому в электроснабжении резонанс напряжений считается вредным. Однако он широко применяется в технике связи.

## 11 Потеря напряжения и мощности в двухпроводной линии переменного тока. Векторная диаграмма. Компенсация реактивной мощности. [1, с. 65-66]

Относительная потеря напряжения

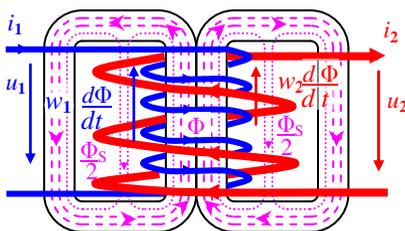
$$\Delta u_{\%} \approx \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 \% = \frac{rI \cos \varphi + xI \sin \varphi}{U} \cdot 100 \% = 2l \frac{r_0 P + x_0 Q}{U^2} \cdot 100 \%$$

Относительная потеря мощности

$$\Delta p_{\%} \approx \frac{\Delta P}{P} \cdot 100 \% = \frac{rI^2}{UI \cos \varphi} \cdot 100 \% = 2l \frac{r_0 P}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot 100 \%$$

При компенсации реактивной мощности конденсаторами ёмкостью  $C = \frac{Q_L}{\omega U^2}$ ; ( $Q = 0$ ;  $\cos \varphi = 1$ ) потери напряжения и мощности минимальны, это называется резонансом токов.

## 12 Однофазный трансформатор, устройство и принцип действия. Схемы замещения [1, с. 52-57].

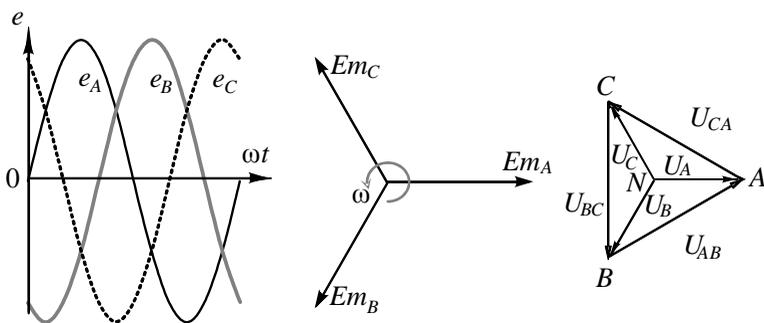


Трансформация напряжения и тока происходит из-за разного числа витков первичной и вторичной обмотки. Первичный ток  $i_1$  создаёт в магнитопроводе (сердечнике) переменный

магнитный поток  $\Phi$ , который наводит ЭДС  $e_2 = -w_2 d\Phi/dt$  во вторичной обмотке, к которой подключён потребитель. В то же время в первичной обмотке создаётся противоЭДС  $e_1 = -w_1 d\Phi/dt$  которая направлена навстречу приложенному напряжению  $u_1$  и препятствует нарастанию тока  $i_1$ . Часть магнитного потока  $\Phi_s$  рассеивается.

Коэффициент трансформации равен отношению числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки,  $k = w_1/w_2$ . Он показывает, во сколько раз трансформатор понижает напряжение,  $U_2 = U_1/k$  и повышает ток  $I_2 = I_1 k$ .

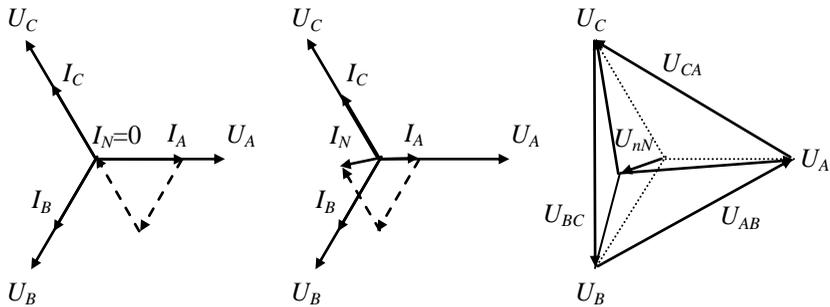
### 13 Трёхфазная система электроснабжения, фазное и линейное напряжение. Достоинства трёхфазной системы [1, с. 46-47, с. 59]



Трёхфазная цепь переменного тока состоит из трёхфазного источника питания, трёхфазного потребителя и проводов. Трёхфазный источник это три источника одинаковой частоты и напряжения со сдвигом фаз на  $120^\circ$ ; могут быть соединены либо звездой, либо треугольником. Линейные напряжения  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  больше фазных  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  в  $\sqrt{3}$  раз. Трёхфазный потребитель может быть подключён «звездой» либо «треугольником». Трёхфазные токи в статорных обмотках электродвигателей создают вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой ротор. При симметричной нагрузке потери в трёхфазной линии в шесть раз меньше, чем в однофазной при передаче той же мощности.

### 14 Трёхфазная цепь при соединении потребителей звездой. Несимметричная нагрузка, ток нейтрального провода, перекося фаз [1, с. 47-48]

Начала фаз подключаются к линейным проводам, концы соединяются вместе и подключаются к нейтральному проводу. При симметричной нагрузке ток нейтрального провода равен нулю. При несимметричной нагрузке появляется ток нейтрального провода, равный сумме фазных токов. Если включить несимметричную нагрузку без нейтрального провода происходит смещение нейтрали и перекося фаз – на нагруженных фазах напряжение понижается ниже номинального, а на разгруженных появляется перенапряжение.



Векторная диаграмма токов при симметричной (а) и несимметричной (б) нагрузке; в – перекося фаз

### 15 Потери напряжения и мощности в трёхфазной линии. Ток трёхфазного потребителя [1, с. 48-49]

Таким образом, при симметричной нагрузке отсутствуют потери в нейтральном проводе и из формул потерь напряжения и мощности, выведенных для однофазной линии переменного тока, исчезает двойка:

$$\Delta u_{\%} \approx l \frac{r_0 P + x_0 Q}{U^2} \cdot 100 \% ; \quad \Delta p_{\%} \approx l \frac{r_0 P}{U^2 \cos^2 \varphi} \cdot 100 \%$$

Кроме того, в формулах используется линейное напряжение, которое больше фазного:  $U = \sqrt{3}U_{\phi}$ . Поэтому потери напряжения и мощности в линии при трёхфазном подключении в шесть раз меньше, чем при однофазном подключении потребителей такой же мощности.

Ток в проводах линии электропередачи при подключении симметричного трёхфазного потребителя

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cos \varphi}$$

## **16 Трёхфазный трансформатор. Трансформаторные подстанции [1, с. 49-52, с.79-81]**

Сердечник трёхфазного трансформатора состоит из трёх стержней, с двух сторон соединённых ярмом. На каждом стержне уложена секция первичной и вторичной обмоток. Первичные обмотки соединяются звездой либо треугольником и подключаются к симметричной цепи питающих напряжений. Вторичные обмотки соединяются звездой либо треугольником, к ним подключаются потребители.

$$\text{Мощность трёхфазного трансформатора } S = \sqrt{3} \cdot U_1 I_1 \approx \sqrt{3} \cdot U_2 I_2.$$

Из-за того, что возможны различные схемы соединения обмоток, различают фазный и линейный коэффициенты трансформации.

Фазный коэффициент трансформации равен отношению числа витков первичной и вторичной обмоток  $k_{\text{ф}} = W_1/W_2$ .

Линейный коэффициент трансформации равен отношению значений первичного и вторичного линейных напряжений  $k = U_1/U_{20}$ .

*Трансформаторная подстанция* состоит из силовых трансформаторов, распределительных устройств первичного и (или) вторичного напряжения, устройства автоматического управления и защиты, а также вспомогательных сооружений.

## **17 Электрические системы. Характеристики и свойства линий электропередачи [1, с. 60-65]**

*Электрическая система* – это часть энергосистемы и питающиеся от нее электроприёмники, объединяющая генераторы, распределительные устройства, трансформаторные подстанции, электрические линии и токоприёмники электрической энергии. Основу электрической системы составляют электроустановки.

При передаче электроэнергии на расстояние неизбежны потери напряжения и мощности, обусловленные сопротивлением проводов линии электропитания. Пропускная способность линии ограничивается допустимой токовой нагрузкой на жилы проводов и кабелей по условиям нагрева, а также допустимой потерей напряжения. Экономичность линии определяется из соотношения между капитальными затратами на её сооружение и стоимостью электроэнергии, теряемой на нагрев проводов при её эксплуатации. Минимуму суммарных затрат соответствует так называемая «экономическая плотность тока».

Выбор сечения проводов производится:

- 1) по экономической плотности тока;
- 2) допустимым длительным токовым нагрузкам на жилы проводов и кабелей (из условий нагрева);
- 3) допустимой потере напряжения в линии;
- 4) механической прочности.

## **18 Категории электроприёмников по надёжности электроснабжения** [1, с. 68-70]

По надёжности электроснабжения электроприёмники делятся на три категории:

1-я категория – электроприёмники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству и т. д.

Электроприёмники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания. Перерыв в электропитании таких приемников допустим только при автоматическом включении резервного питания (АВР). Из первой категории электроприёмников выделяется *особая группа*, бесперебойная работа которой необходима для безаварийной остановки производства во избежание угрозы для жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования, а также для обеспечения надёжной работы аппаратуры связи. Для особой группы электроприёмников обязателен автономный резерв – дизель-генераторные установки или аккумуляторы.

2-я категория – электроприёмники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым срывом выпуска продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного числа городских жителей.

Для питания электроприёмников второй категории рекомендуется иметь две линии, однако допускается и одна. Обычно если питание осуществляется по воздушной ЛЭП, то используется одна линия, если по кабелю – подключаются две кабельные линии. Перерыв в работе таких потребителей допустим на время включения резервного питания дежурным персоналом либо на время устранения неисправности питающей линии выездной оперативной бригадой.

3-я категория – наименее ответственные электроприёмники. К третьей категории, в частности, относятся газифицированные дома высотой 5 и менее этажей, небольшие поселки и т. п. Электроприёмники третьей категории получают питание по одной линии с перерывами не более суток.

## **19 Структура электроснабжения. Классификация электрических сетей** [1, с. 70-74]

При построении электрических сетей используют радиальный и магистральный принципы электроснабжения.

*При радиальном электроснабжении* к каждому потребителю прокладывается отдельная линия. *При магистральном электроснабжении* потребители подключены в разных точках одной линии. Часто используют

комбинацию радиального и магистрального принципов с целью удешевить линии либо обеспечить повышенную надёжность.

Электрические сети также классифицируются:

- по роду тока;
- номинальному напряжению;
- конструктивному исполнению;
- расположению;
- конфигурации;
- степени резервированности;
- выполняемым функциям;
- характеру потребителей;
- назначению в схеме электроснабжения;
- режиму работы нейтрали.

**20 Воздушные линии электропередач. Опоры, изоляторы, провода** [1, с. 74-76]

Это провода, которые подвешивают над поверхностью земли (воды) на опорах с помощью изоляторов.

**Опоры.** В зависимости от назначения линии, её напряжения, количества проводов и тросов, их расположения, климатических и других условий применяют различные конструкции деревянных, железобетонных или металлических опор.

**Изоляторы.** На ВЛЭП применяют стеклянные и керамические (фарфоровые) изоляторы, штыревые и подвесные. При напряжениях до 35 кВ включительно применяют штыревые изоляторы, а при больших – подвесные, из которых изготавливают гирлянды.

**Провода.** На ВЛЭП до 1 кВ могут применяться одно- и многопроволочные провода, на ВЛ выше 1 кВ – как правило, многопроволочные неизолированные провода – алюминиевые, из алюминиевого сплава, биметаллические сталеалюминиевые (сталь внутри, алюминий снаружи), стальные).

**21 Кабельные линии электропередач. Конструкция кабеля** [1, с. 77-79]

Кабельные линии электропередач бывают: по сооружениям, подземные, подводные.

Силовые кабели различают:

- *по роду металла* токопроводящих жил: кабели с алюминиевыми и медными жилами;
- *роду материалов*, которыми изолируются токопроводящие жилы: кабели с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией;
- *роду защиты изоляции жил кабелей* от влияния внешней среды: кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке;

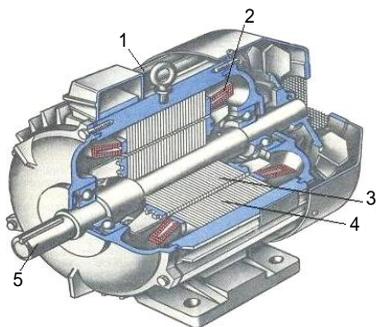
- способу защиты от механических повреждений: бронированные и небронированные;
- количеству жил: одно-, двух-, трёх-, четырёх- и пятижильные.

## 22 Временные электрические сети строительных площадок

На строительной площадке электроэнергия используется для приведения в действие электродвигателей строительных машин, для электросварки, освещения строительных площадок, технологических целей (электропрогрев бетона, оттаивание мерзлого грунта и др.).

Проект электроснабжения строительства разрабатывают в следующем порядке: выполняют расчет мощности источников электроэнергии, необходимой для удовлетворения потребностей строительства на разных его стадиях; выбирают источники электроэнергии; проектируют электросети. При этом определяют напряжение высоковольтных и низковольтных сетей, количество, мощность, типы и расположение трансформаторных подстанций, распределительных шкафов, марки и сечения проводов.

## 23 Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, устройство и принцип действия. Характеристики [1, с. 97-102]



При протекании токов по обмоткам статора 2, уложенным в пазах сердечника 4 асинхронного двигателя создаётся вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой ротор 3 с короткозамкнутой обмоткой. Ротор немного (до 10 %) отстаёт от магнитного поля, это называют скольжением; оно создаёт вращающий момент на валу 5.

Вращающий момент равен мощности, делённой на угловую

частоту вращения;  $M = P / \omega$ .

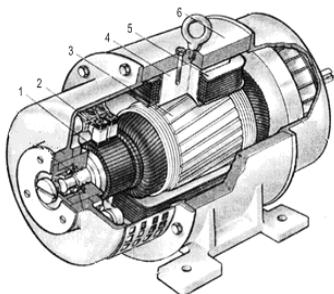
Механическая характеристика это зависимость частоты вращения от момента нагрузки на валу. На холостом ходу частота вращения вала двигателя близка к частоте вращения магнитного поля. Под нагрузкой вращение замедляется; при достижении критического момента двигатель останавливается, и его обмотка начинает гореть; требуется аварийное отключение.

## 24 Асинхронный двигатель с фазным ротором, устройство и применение [1, с. 102-104]

Фазные роторы применяют для двигателей, работающих в режиме тяжёлых пусков, например на грузоподъёмных механизмах. При этом увеличивается пусковой момент и уменьшается пусковой ток.

Фазный ротор имеет трёхфазную обмотку, выполненную изолированным проводом и соединённую Y или Δ. Концы трёхфазной обмотки присоединены к трём латунным кольцам. С помощью щёток ЭДС роторной обмотки выводят наружу. К ним подключаются пусковые реостаты, которые по мере разгона двигателя выводятся на ноль.

## 25 Двигатель постоянного тока. Коллекторные двигатели переменного тока [1, с. 104-108]



Основными узлами двигателя постоянного тока являются якорь 3 с обмоткой и коллектором 2, щёточно-коллекторное устройство 1, статор 6 с магнитными полюсами 4, содержащими обмотки возбуждения 5.

Для того, чтобы двигатель работал в нём надо возбудить магнитное поле. Обмотки возбуждения могут быть включены параллельно либо последовательно с якорной обмоткой.

Принцип действия основан на взаимодействии проводов якорной обмотки с магнитным полем статора. При протекании по ним тока возникает вращающий момент. Коллектор нужен для переключения полярности напряжений и токов секций якорной обмотки.

Коллекторные двигатели переменного тока имеют последовательные обмотки возбуждения и шихтованный (собранный из отдельных пластин) магнитопровод для уменьшения потерь от вихревых токов.

## 26 Электропроводки. Провода и кабели, применяемые в электропроводках. Скрытые электропроводки [1, с. 109-112]

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимся к ним креплением, а также поддерживающими и защитными конструкциями и деталями. Электропроводки могут быть выполнены с применением изолированных установочных проводов с медными жилами (как правило, с двойной изоляцией), а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией, в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке.

Скрытой называется электропроводка, проложенная внутри

конструктивных элементов зданий и сооружений – в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками, поверх перекрытий в подготовке пола, непосредственно под полом и т. п. Провода могут быть проложены под слоем штукатурки, в бороздах, вырезанных в гипсовых перегородках, в пустотах и каналах стен, перегородок и перекрытий, а также могут быть выполнены в пластмассовых трубах, замоноличенных внутри элементов строительных конструкций при их изготовлении на заводах железобетонных изделий и домостроительных комбинатах.

### **27 Открытые электропроводки. Электропроводки в кабельных каналах и трубах [1, с. 112-117]**

Открытой называется электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, по деревянным и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и другим несущим конструкциям. Открытую проводку выполняют на высоте не менее 2,5 метров от уровня пола. Различают проводку на роликах и штыревых изоляторах; по поверхности стен; в электротехнических плинтусах; тросовые.

Электропроводка в кабельных каналах находится на стыке открытого и скрытого способов прокладки проводов. С одной стороны, сохраняются все преимущества открытой проводки, с другой стороны, проводка в кабель-каналах более электро- и огнебезопасна и имеет довольно эстетичный вид.

Открытые и скрытые электропроводки в трубах требуют затраты дефицитных материалов и трудоемки в монтаже. Поэтому их применяют в основном при необходимости защиты проводов от механических повреждений или защиты изоляции и жил проводов от разрушения при воздействии агрессивных сред. Раньше использовались только стальные трубы. В настоящее время все шире применяются полимерные трубы – полиэтиленовые, винилпластовые, полипропиленовые, обладающие высокой коррозионной и химической устойчивостью, хорошими электроизолирующими свойствами, достаточной механической прочностью, гладкой поверхностью. Диаметр трубы выбирается с учетом числа и углов поворотов.

### **28 Автоматические выключатели [1, с. 118-122]**

Автоматические выключатели предназначены для применения в электрических цепях переменного тока, защиты при перегрузках и токах короткого замыкания, пуска и остановки асинхронных электродвигателей и обеспечения безопасности изоляции проводников. Могут быть однополюсными, двухполюсными, трёхполюсными. Чаще всего автоматические выключатели имеют два типа защиты: тепловую

(выполнена на биметаллической пластине), предназначенную для защиты от длительных токовых перегрузок, и динамическую (выполнена на электромагнитной катушке) – для защиты от токов короткого замыкания. Контактная система состоит из неподвижных контактов, закреплённых на корпусе, и подвижных контактов, шарнирно насаженных на полуоси рычага механизма управления, и обеспечивает, как правило, одинарный разрыв цепи с дугогашением.

### **29 Электрифицированный инструмент [1, с. 122-124]**

Имеет, как правило, в своём составе коллекторный двигатель переменного тока. Это дрели, миксеры, шуруповёрты а также электроотвёртки, ударные дрели, перфораторы, электрические отбойные молотки, пилы циркулярные и торцовочные, электроножовки и электролобзики, угловые шлифовальные машинки (болгарки), бороздоделы, электрорубанки, строительные фены, электрические краскопульты.

### **30 Электросварка. Источники тока для электросварки [1, с. 124-127]**

Различают ручную электродуговую сварку штучными электродами, механизированную (полуавтоматическую) сварку электродной проволокой в струе защитного углекислого газа и аргонно-дугую сварку вольфрамовым электродом. Используются источники постоянного тока – генераторы и выпрямители, источники переменного тока – трансформаторы. В последнее время всё шире применяют сварочные инверторы с высокочастотным транзисторным преобразователем, импульсным транзисторным регулятором тока и микропроцессорным управлением.

### **31 Электронагрев бетона, грунта, трубопроводов, воздуха [1, с. 127-132]**

Электрооборудование для прогрева бетона состоит из понижающего трансформатора, распределительного устройства, электропроводки и электродов.

Электропрогрев грунта осуществляется с помощью горизонтальных (струнных) или вертикальных (стержневых) электродов, а также при помощи электрообогревательных печей (электрощитов).

Отогревание трубопроводов можно производить, пропуская электрический ток по их стенкам.

Для **нагрева воздуха** используется электрическая тепловая пушка – это мощный электрический воздухонагреватель, с помощью которого можно просушить окрашенные стены или штукатурку. Состоит из нагревательного элемента и вентилятора.

### **32 Электровибраторы. Газосветные лампы [1, с. 132-134]**

Обычно применяют вибрации частотой от 25 до 400 Гц и амплитудой от 0,1 до 3 мм. По способу возбуждения колебаний различают электромеханические и электромагнитные вибраторы, а по способу передачи колебаний: глубинные, поверхностные, наружные, виброплощадки.

Всё реже для освещения применяют лампы накаливания, и всё шире – газоразрядные (люминесцентные ЛЛ, дуговые ртутные, дуговые натриевые, ксеноновые), а в последнее время – светодиодные, индукционные. Светоотдача газосветных ламп в несколько раз выше, а срок службы дольше, чем у ламп накаливания. Самыми экономичными являются светодиодные лампы.

### **33 Опасное действие электрического тока на организм человека [1, с. 135-138]**

Электрический ток, проходя через тело человека, может оказывать биологическое, тепловое, механическое и химическое действие. К факторам, влияющим на исход поражения электрическим током, относят величину тока, величину напряжения, время действия, род и частоту тока, путь замыкания, сопротивление человека, окружающую среду. Смертельно опасными являются токи удушающие (25–50 мА), фибрилляционные (100–200 мА). Однако в течение долей секунды они допустимы.

### **34 Защитное заземление и зануление. Естественные и искусственные заземлители [1, с. 138-142]**

Заземление – преднамеренное соединение предмета с землей с помощью заземляющего проводника и заземлителя, естественного или искусственного. Защитный эффект заземления состоит в шунтировании тела человека малым сопротивлением.

Занулением называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам. Защитный эффект зануления в быстром отключении поврежденной электроустановки от сети.

В первую очередь, для заземления электроустановок используются естественные заземлители (трубопроводы холодной воды, железобетонные фундаменты и т. п.). Если эти заземлители имеют сопротивление, удовлетворяющее требованию ПУЭ, то искусственные заземлители не применяют.

### **35 Системы заземления *TN-C*, *TN-S* и *TN-C-S* [1, с. 142-145]**

В настоящее время в нашей стране активно ведется работа по повышению уровня электробезопасности в электроустановках жилых и общественных зданий путём перехода от старой системы заземления *TN-C* к новой – *TN-S* в соответствии с рекомендациями Международной электротехнической комиссии – МЭК. Старая система четырёхпроводная, в ней три линейных проводника и объединённый защитный и рабочий нулевой проводник *PEN*. Новая система пятипроводная, в ней нулевой защитный провод *PE* и нулевой рабочий провод *N* разделены. *TN-C-S* – промежуточная переходная система. От источника до потребителя идёт четырёхпроводная линия с проводом *PEN*. У потребителя делается повторное заземление и далее от вводного щитка потребителя идёт пятипроводная разводка с проводами *N* и *PE*. К однофазным потребителям идёт 3 провода – линейный *L*, нейтральный *N* и защитный *PE*.

### **36 Устройства защитного отключения (УЗО), принцип действия и применение [1, с. 145-147]**

Для защиты от поражения человека электрическим током при нарушении изоляции используется система защитного отключения, которая основана на контроле токов утечки.

Для контроля токов утечки применяют специальный датчик (трансформатор тока), который устанавливают: в однофазной цепи – на оба провода, идущих к потребителю; в трехфазной – на все три либо четыре провода (в зависимости от схемы подключения). Таким образом, датчик тока фиксирует сумму всех токов, протекающих через потребитель, а в соответствии с первым правилом Кирхгофа эта сумма должна быть равна нулю. Если у потребителя есть утечка тока через изоляцию любого из фазных проводов на корпус, а, следовательно, и на землю, на выходе датчика появляется сигнал, который вызывает защитное отключение потребителя. Такие устройства сокращённо называют УЗО.

Чувствительность УЗО общего применения – 30 мА. В помещениях с повышенной температурой и влажностью (бани, бассейны, ванные комнаты и т. п.) применяют УЗО с чувствительностью 10 мА.

### **Литература**

1 Невзорова, А. Б. Электротехника : учеб пособие / А. Б. Невзорова, В. А. Пацкевич, С. Л. Курилин – Гомель : БелГУТ, 2014. – 163 с.