

МИНОБРНАУКИ РФ

Нижекамский химико-технологический институт (филиал)

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего профессионального образования

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

С.С. Амирова, Л.Х. Мифтахова

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

**Методические указания по выполнению
контрольной работы**

2013

УДК 681.5

ББК 76.17я2

П68

Амирова, С.С.

Электротехника и промышленная электроника: методические указания/ С.С. Амирова, Л.Х. Мифтахова. – Нижнекамск: Редакционно-издательский отдел НХТИ (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. – 25с.

Составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 240100 «Химическая технология», учебным планом и рабочей программой по дисциплине «Электротехника и промышленная электроника».

Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Электротехника и промышленная электроника» содержат основные теоретические положения по курсу, тестовые задания по каждой из тем, а также методику расчета асинхронных машин.

Предназначены для студентов направления 240100 «Химическая технология» (профили обучения «Технология и переработка полимеров», «Химическая технология органических веществ», «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»), изучающих дисциплину «Электротехника и промышленная электроника».

Подготовлены на кафедре электротехники и энергообеспечения предприятий НХТИ.

Рецензенты:

Биктагиров В.В., кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой физики НХТИ;

Тумаева Е.В., кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и энергообеспечения предприятий НХТИ.

© Амирова С.С., Мифтахова Л.Х., 2013

©Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ..... | 4 |
| РАЗДЕЛ 1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ | 4 |
| РАЗДЕЛ 2. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ..... | 6 |
| РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ | 9 |
| РАЗДЕЛ 4. ТРАНСФОРМАТОРЫ | 15 |
| РАЗДЕЛ 5. АСИНХРОННЫЕ И СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА | 18 |
| ЛИТЕРАТУРА | 26 |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

- I. Сделать теоретический обзор по темам:
 - а) цепи постоянного и переменного тока;
 - б) трехфазные цепи;
 - в) магнитные цепи;
 - г) трансформаторы;
 - д) асинхронные и синхронные машины;
 - е) основы электроники.
- II. Ответить на тестовые задания.
- III. Решить задачу по разделу «Асинхронные машины».

РАЗДЕЛ 1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Методические указания. Особое внимание уделить законам Кирхгофа и Ома, потому что эти законы лежат в основе расчета электрических цепей переменного тока и переходных процессов. Без знания этих законов невозможно понять смысл и физику процессов в электрических цепях.

Электрическая цепь – совокупность устройств и объектов, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны при помощи понятий ЭДС, тока, напряжения и сопротивления (рис. 1).

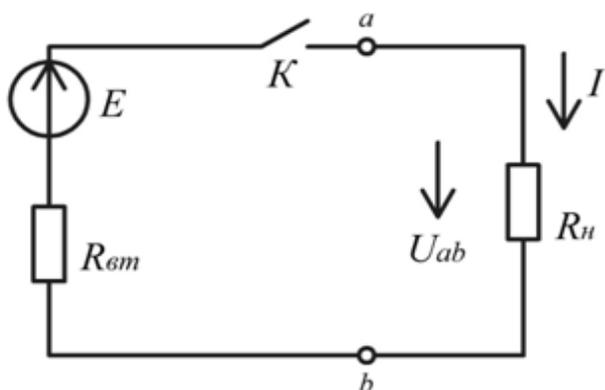


Рис.1. Простейшая электрическая цепь

Если источник не подключен к внешней цепи, то напряжение между его выводами численно равно ЭДС ($U_{ab} = E$). Напряжение между выводами источника больше ЭДС на величину падения напряжения ($U_{ab} = E - I \cdot R_{\text{вн}}$). По закону Ома это напряжение можно выразить формулой

$U_{ab} = I \cdot R_n$, где R_n – сопротивление нагрузки. Графическое изображение электри-

ческой цепи, содержащее условные обозначения ее элементов, показывающее соединения этих элементов, называется схемой электрической цепи.

Закон Ома для пассивного участка цепи:

$$I = \frac{U}{R},$$

для участка, содержащего ЭДС:

$$I = \frac{U \pm E}{R};$$

«+» - для случая совпадения E и I (режим генератора - Г), «-» - для случая несовпадения E и I (режим двигателя - Д). Закон Ома графически выражается в виде прямой, проходящей через начало координат.

Для участка цепи, содержащего только приемники энергии (через проводимость):

$$I = U \cdot G.$$

Математические выражения первого и второго законов Кирхгофа имеют вид:

$$\sum I = 0, \quad \sum E = \sum IR.$$

Ветвь – участок электрической цепи с одним и тем же током (B).

Узел – место соединения трех и более ветвей (Y).

Контур – замкнутый путь, проходящий через несколько ветвей и узлов.

По I закону Кирхгофа составляется $(Y-1)$ уравнений. По II закону Кирхгофа составляется $B - B_{\text{ист.тока}} - (Y-1)$ уравнений, где $B_{\text{ист.тока}}$ – число ветвей с источниками тока. Общее число уравнений должно быть равно числу неизвестных токов, т.е. числу ветвей.

Тестовые задания

1. Эквивалентное сопротивление участка цепи, состоящей из 3-х последовательно соединенных сопротивлений номиналом 1 Ом, 10 Ом, 1000 Ом равно ...
2. При неизменном сопротивлении участка цепи при увеличении тока падение напряжения на данном участке ...
3. Если при неизменном напряжении ток на участке цепи уменьшился в 2 раза, то сопротивление участка.

РАЗДЕЛ 2. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

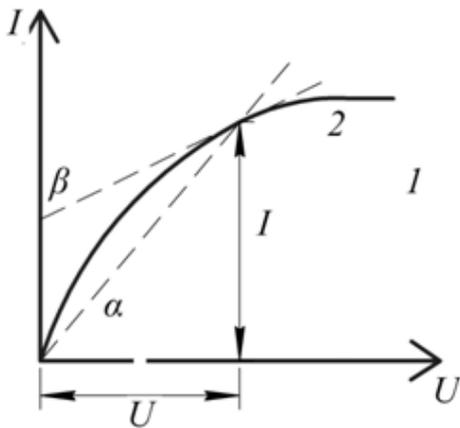
Методические указания. Электрическая цепь, у которой электрические напряжения и электрические токи связаны друг с другом нелинейными зависимостями, называется нелинейной электрической цепью.

Если сопротивление элемента зависит от тока или приложенного напряжения, то такой элемент называется нелинейным.

Электрическая цепь, у которой электрические напряжения и электрические токи связаны друг с другом, линейными зависимостями, называется линейной электрической цепью.



$$R = \frac{U}{I} = \frac{m_u}{m_i} \operatorname{tg} \alpha,$$



где R – статическое сопротивление (сопротивление элемента постоянного тока)

Рис.2. Определение статического сопротивления нелинейного элемента графическим способом

$$R_{\text{диф}} = \frac{du}{di} = \frac{m_u}{m_i} \operatorname{tg} \beta - \text{дифференциальное сопротивление}$$

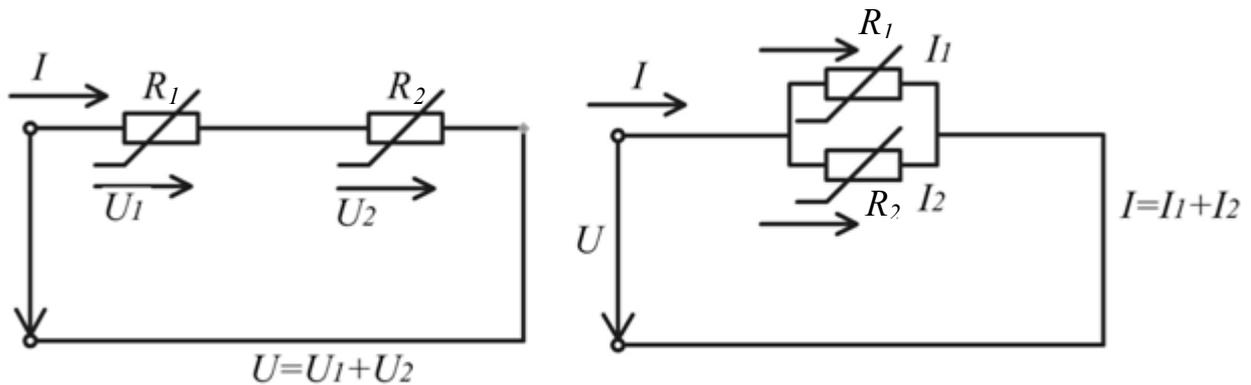


Рис.3. Последовательно и параллельно соединенные нелинейные элементы

Тестовые задания

1. При последовательном соединении линейного и нелинейного сопротивлений с характеристиками *a* и *б* (см. рис. 4) характеристика эквивалентного сопротивления пройдет... .

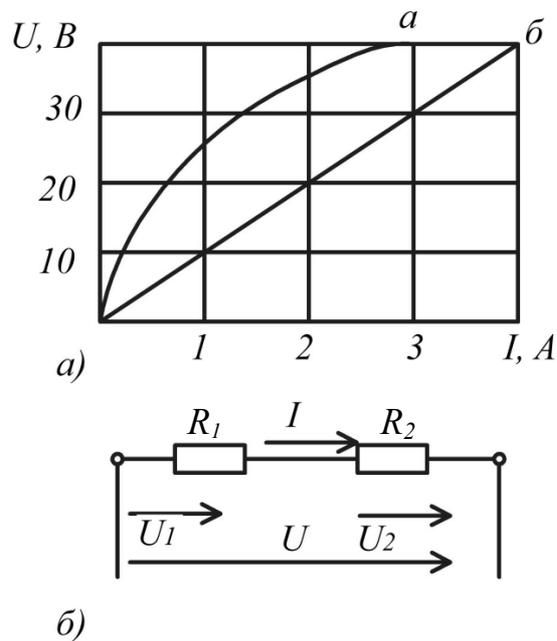


Рис. 4. Вольтамперные характеристики линейного и нелинейного элементов (а) и схема их последовательного соединения (б)

2. На рис. 5 представлены вольтамперные характеристики приемников, из них нелинейных элементов ...

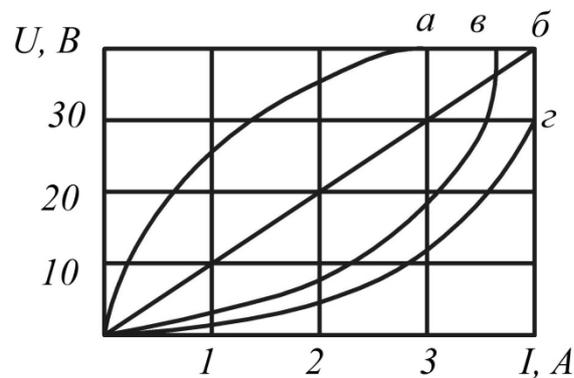


Рис. 5. Вольтамперные характеристики линейных и нелинейных элементов

3. При последовательном соединении заданы вольтамперные характеристики нелинейных сопротивлений (см. рис. 6а). При токе $I_1=2A$ напряжение U составит ...

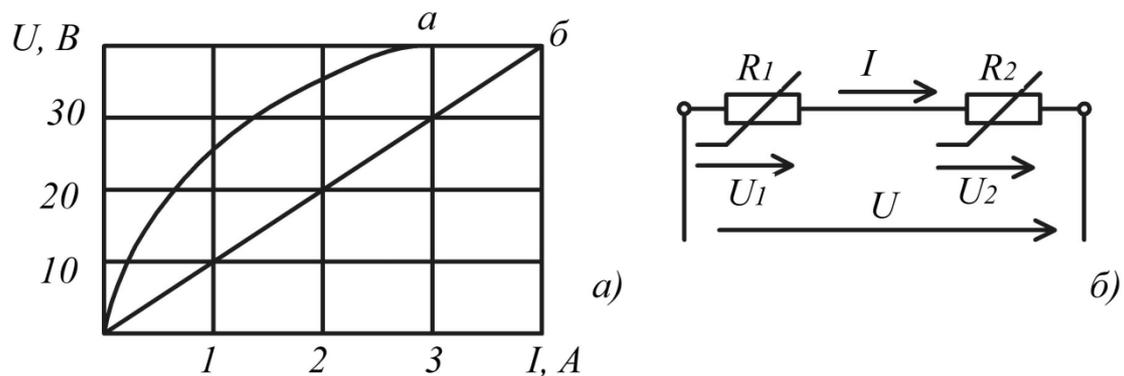


Рис. 6. Вольтамперные характеристики элементов (а) и их последовательное соединение в цепи (б)

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

Методические указания. Учитывая практическое значение явлений резонанса, необходимо знать схемы, характерные для резонанса напряжений и токов, условия получения резонанса, признаки резонанса, свойства цепей и частотные характеристики при резонансах.

Ток, изменяющийся во времени по синусоидальному закону называется **синусоидальным**. Графическое представление синусоидальных величин представлено на рис.7.

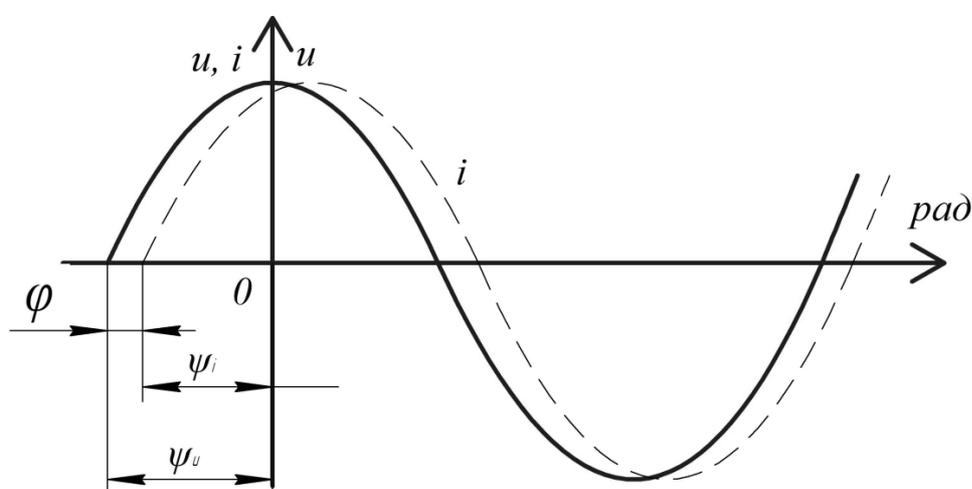


Рис. 7. Синусоидальные напряжение и ток

Яблочков П.Н. создал генератор и трансформатор синусоидального тока (1876г.).

Доливо-Добровольский М.О. разработал систему трехфазного синусоидального тока (1891г.).

Простейший генератор синусоидальной ЭДС: проводник в виде прямоугольной рамки, вращающийся с постоянной угловой скоростью ω в постоянном однородном магнитном поле. При вращении рамки в последней согласно закону электромагнитной индукции наводится ЭДС $e=B \cdot l \cdot V_n$, где B – магнитная индукция (Тл), l – длина проводника (м), V_n – скорость пересечения магнитных силовых линий (м/с).

$$i(t) = I_M \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_i)$$

$$u(t) = U_M \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_u)$$

$$e(t) = E_M \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi_e)$$

В цепях синусоидального тока напряжение, ЭДС и тока

являются синусоидальными функциями от времени:

- аналитическое представление синусоидальной функции, где $i(t)$, $u(t)$, $e(t)$ – мгновенные значения;

$$\left. \begin{array}{l} \omega t + \psi_i \\ \omega t + \psi_u \\ \omega t + \psi_e \end{array} \right\} \text{ - фаза или фазовый угол.}$$

Мгновенное значение однофазного синусоидального тока $i(t)$ записывается выражением $i(t) = I_M \sin(\omega t + \psi_i)$.

Каждая синусоидальная функция времени определяется тремя параметрами:

- 1) амплитудой I_M , U_M , E_M (максимальное значение синусоидальной функции);
- 2) угловой частотой ω (скорость изменения аргумента синусоидальной функции, рад/с);
- 3) начальной фазой ψ_u , ψ_i , ψ_e (значение аргумента синусоидальной функции в момент начала отсчета времени, т.е. при $t=0$, измеряется в радианах и градусах).

В выражении для мгновенного значения однофазного синусоидального тока $i(t) = I_M \sin(\omega t + \psi_i)$ начальной фазой является ψ_i .

Величины, характеризующие синусоидальные функции:

1. Сдвиг фаз $\varphi = \psi_u - \psi_i$ (разность начальных фаз).
2. Период $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (наименьший интервал времени, по истечении которого мгновенное значение повторяется).
3. Частота $f = \frac{1}{T}$ (число периодов в секунду, измеряется в герцах (Гц)),

1Гц=1с⁻¹).

4. Действующее или среднеквадратичное I, U, E :

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot I_M \quad U = \frac{U_M}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot U_M \quad E = \frac{E_M}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot E_M.$$

5. Среднее I_{cp}, U_{cp}, E_{cp}

$$I_{cp} = 0,637 \cdot I_M \quad U_{cp} = 0,637 \cdot U_M \quad E_{cp} = 0,637 \cdot E_M.$$

Угол сдвига фаз φ между напряжениями $u(t) = U_M \sin(\omega t + \psi_u)$ и током $i(t) = I_M \sin(\omega t + \psi_i)$ определяется как $\varphi = \psi_u - \psi_i$.

Соединение типа «звезда» 

Концы обмоток объединяют в общий узел, называемый нейтральной точкой.

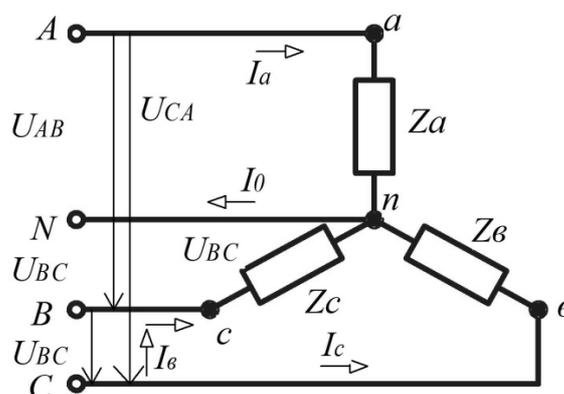


Рис. 8. Соединение типа «звезда» в трехфазной цепи

$\left. \begin{matrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{matrix} \right\}$ - линейные токи, а провода, по которым течет линейный ток, называют

линейными.

$I_L = I_\Phi$, т.к. фаза и провод соединены последовательно.

$$\left. \begin{matrix} U_{av} \\ U_{bc} \\ U_{ca} \end{matrix} \right\} \text{Линейные напряжения – напряжения между началами двух фаз или ли-}$$

нейными проводами.

Для симметричной нагрузки справедливо выражение:

$$U_{л} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi}.$$

Ток в нейтральном проводе равен сумме токов трех фаз: $I_0 = I_a + I_b + I_c$.

Если в трехфазной цепи с нейтральным проводом отключить фазу «Аа», то I_N увеличится, а токи I_b и I_c не изменятся.

Соединение типа «треугольник» 

При соединении обмоток треугольником начало одной фазы совпадает с концом другой фазы (см. рис. 9).

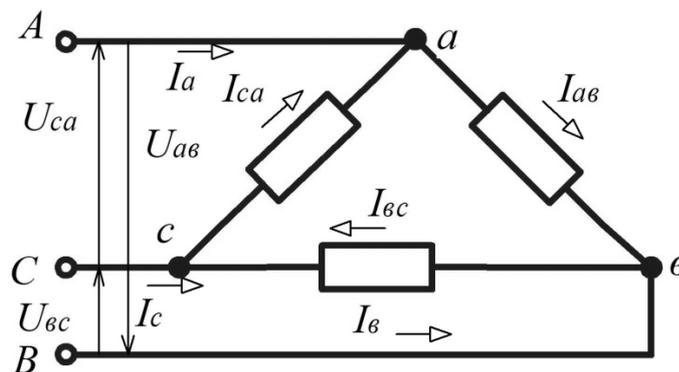


Рис. 9. Соединение типа «треугольник» в трехфазной цепи

$$\left. \begin{matrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{matrix} \right\} \text{- Линейные токи} \qquad \left. \begin{matrix} I_{av} \\ I_{bc} \\ I_{ca} \end{matrix} \right\} \text{- Фазные токи}$$

$$\left. \begin{matrix} U_{av} \\ U_{bc} \\ U_{ca} \end{matrix} \right\} \text{Линейные напряжения между линейными проводами или началами}$$

двух фаз

Для симметричной нагрузки справедливы выражения:

$$I_{Л} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$$

$$U_{Л} = U_{\phi}$$

$$I_A - I_{av} + I_{ca} = 0, \quad I_A = I_{av} - I_{ca};$$

$$I_B - I_{bc} + I_{ab} = 0, \quad I_B = I_{bc} - I_{ab};$$

$$I_C - I_{ca} + I_{bc} = 0, \quad I_C = I_{ca} - I_{bc}.$$

Активная, реактивная и полная мощности трехфазной системы

Под активной мощностью трехфазной системы понимают сумму активных мощностей фаз нагрузки и активной мощности в сопротивлении, включенном в нулевой провод:

$$P = P_A + P_B + P_C + P_0.$$

Реактивная мощность трехфазной системы представляет собой сумму реактивных мощностей фаз нагрузки и реактивной мощности в сопротивлении, включенном в нулевой провод:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C + Q_0.$$

Полная мощность:

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

Если нагрузка равномерная, то

$$P_0 = Q_0 = 0; \quad P_A = P_B = P_C = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi};$$

$$Q_A = Q_B = Q_C = U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi_{\phi},$$

где φ_{ϕ} - угол между напряжением \dot{U}_{ϕ} на фазе нагрузки и током \dot{I}_{ϕ} фазы нагрузки.

При равномерной нагрузке фаз:

$$P = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi};$$

$$Q = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin \varphi_{\phi};$$

$$S = 3U_{\phi} I_{\phi}.$$

При расчете симметричной трехфазной цепи часто используют следующие формулы:

$$P = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos \varphi_{\phi};$$

$$Q = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л} \cdot \sin \varphi_{\phi};$$

$$S = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л}.$$

Пример: Симметричная трехфазная цепь $U_{л}=380В$, $I_{л}=5мА$, $\cos \varphi_{\phi}=0,8$. Определить P :

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos \varphi_{\phi} = 1,73 \cdot 380В \cdot 0,005А \cdot 0,8 \approx 2,63Вт .$$

При изучении трехфазных цепей особое внимание следует уделить схемам соединения звездой и треугольником. Необходимо знать основные соотношения между линейными, фазовыми напряжениями и токами.

Тестовые задания

1. Для мгновенного значения однофазного синусоидального тока $i(t)$ справедливо...
2. Частота синусоидального тока f определяется в соответствии с выражением...
3. Симметричная трехфазная цепь $U_{л} = 220В$, $I_{л} = 5А$, $\cos \varphi = 0,8$. Определить P в кВт.

РАЗДЕЛ 4. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Методические указания. Для полного понимания теории работы трансформаторов необходимо знать законы Кирхгофа, электромагнитной индукции, полного тока. Теория трансформатора является базой усвоения машин переменного тока.

Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при одной и той же частоте.

Основными элементами конструкции трансформатора является магнитопровод из листовой электротехнической стали и обмотки первичной и вторичной, связанных индуктивно при помощи магнитного потока.

Магнитопровод трансформатора выполняется из электротехнической стали для увеличения магнитной связи между обмотками.

В основу принципа работы трансформатора положен закон электромагнитной индукции.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{W_2}{W_1} = k$$
 - коэффициент трансформации – это отношение ЭДС обмотки

высшего напряжения к ЭДС обмотки низшего напряжения или отношение номинального высшего напряжения к номинальному низкому напряжению трансформатора.

$$\text{Если } U_1 > U_2 \text{ – трансформатор понижающий: } k \approx \frac{W_1}{W_2};$$

$$U_1 < U_2 \text{ – трансформатор повышающий: } k \approx \frac{W_2}{W_1}.$$

Коэффициент k можно определить на основании измерения напряжения на входе и выходе ненагруженного трансформатора и указывается в паспорте.

В нагруженном трансформаторе МДС и ток I_2 второго контура направлены в противоположно МДС и I_1 первого контура, что согласуется с законом сохранения энергии.

Для нагруженного трансформатора справедливо соотношение:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = k.$$

Потери в меди определяют в режиме короткого замыкания.

Опыту короткого замыкания соответствует схема на рис.14.

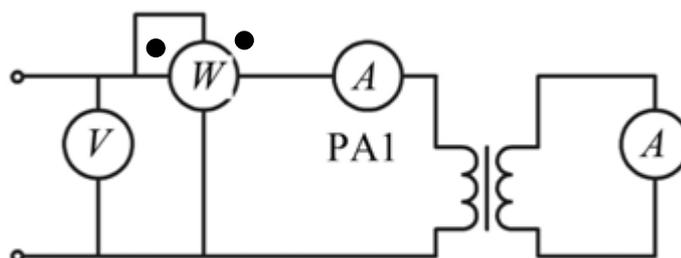


Рис. 10. Режим короткого замыкания.

Здесь V – показывает $U_{1k} = 5 \div 10\% \cdot U_{1н}$; W – показывает мощность короткого замыкания P_k (мощность потерь в обмотках).

Мощность потерь в магнитопроводе равна $0,005 \div 0,1$ от потерь при номинальном режиме.

Опыту холостого хода (рис. 15):

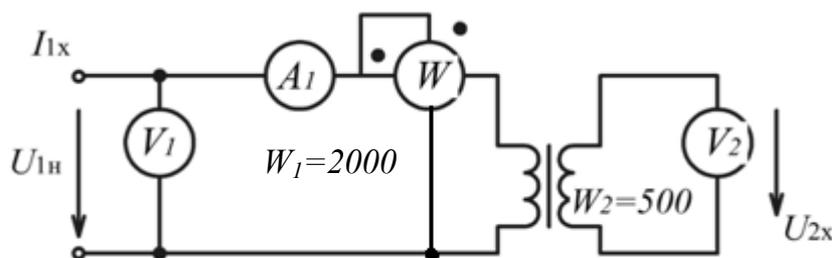


Рис. 11 – Режим холостого хода

Здесь $I_2 = 0$, $U_{2x} = U_{2н}$, $U_{1X} = U_{1H}$; W - ваттметр измеряет мощность потерь при ХХ P_x ; $k = \frac{U_{1н}}{U_{2н}}$ - для понижающего трансформатора; $k = \frac{U_{2н}}{U_{1н}}$ - для повышающего трансформатора; W – мощность потерь в стали трансформатора (магнитопро-

вода).

Тестовые задания.

1. При увеличении нагрузки коэффициент трансформации трансформатора ...
2. Уменьшение потерь мощности на вихревые токи в катушке со стальным сердечником достигается выполнением сердечника ...
3. Принцип действия трансформатора основан на ...

РАЗДЕЛ 5. АСИНХРОННЫЕ И СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Методические указания. При изучении теории электрических машин важно понять, как законы электромагнитной индукции и электромагнитной силы связаны с появлением вращающего момента. Для усвоения разделов важно понять физику процессов, происходящих в электрических машинах.

Асинхронная машина (АМ) – машина переменного тока, у которой в установившемся режиме частота вращения ротора отстает от частоты вращения магнитного поля статора. Применяется в качестве асинхронного двигателя (АД). АД имеет две основные части – статор и ротор.

Статор состоит из корпуса (стальной или чугунной), сердечника (из электротехнической стали), обмотки.

Ротор АМ набирают из тонких листов электротехнической стали. В пазах ротора размещают обмотку, которая может быть короткозамкнутой (рис. 16) или фазной (рис. 17).

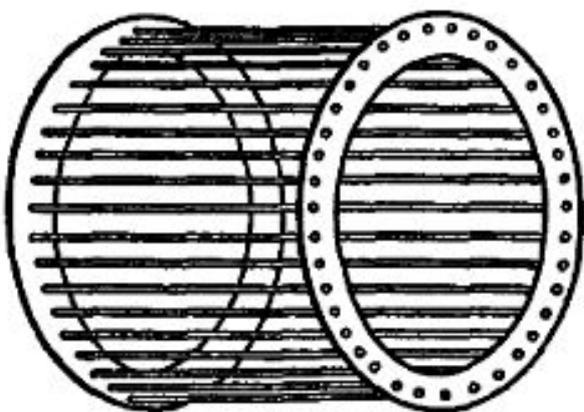


Рис. 11. Короткозамкнутый ротор

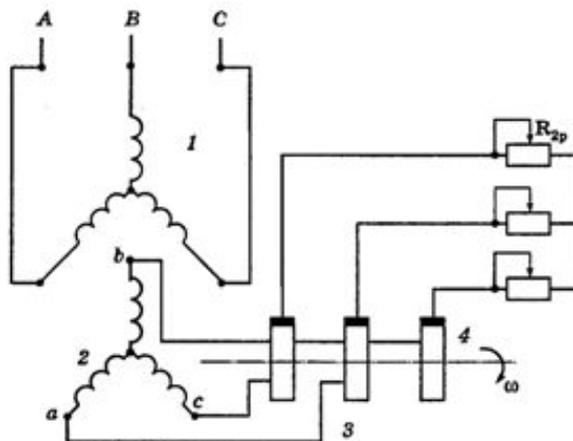


Рис. 12. Электрическая схема фазного ротора

Принцип действия АД основан на использовании вращающегося магнитного поля и основных законов электротехники. Работа АД основана на взаимодействии вращающегося магнитного поля обмотки статора с током ротора.

Для создания вращающегося магнитного поля статора асинхронного двигателя необходимы следующие условия: пространственный сдвиг обмоток и фазовый сдвиг токов в них.

Фундаментальным понятием в теории АД является понятие скольжения S . При неподвижном ($n_2 = 0$) роторе скольжением $S=1$ обладает двигатель в момент пуска.

Скольжение – относительное отставание частоты ротора n_2 от частоты вращения магнитного поля статора n_1 : $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$.

Частота вращения магнитного поля статора: $n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p}$.

Частота вращения ротора: $n_2 = n_1(1 - S) = \frac{60 f_1}{p} (1 - S)$.

Частота тока ротора: $f_2 = f_1 \cdot S$.

Механическая характеристика АД – это зависимость частоты вращения от момента на валу (рис. 18).

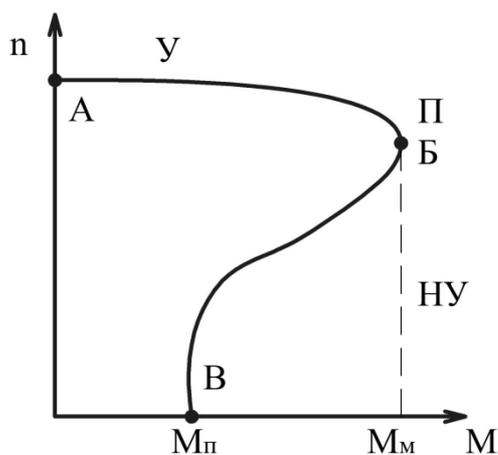


Рис. 13. Механическая характеристика АД

Здесь $A - S = 0$; B – максимальный M ;

$B - S = 1$ B – пусковой $M_{п}$;

$У$ – установившийся режим;

$П$ – перегруз;

НУ – неустановившийся режим.

В асинхронном двигателе увеличение токов ротора обуславливает увеличение токов статора, следовательно возрастание мощности, потребляемой двигателем из сети.

Регулирование частоты вращения двигателя возможно:

- изменением частоты f_1 (частотное);
- изменением числа пар полюсов p (полюсное) - *экономичный способ*;
- изменением скольжения S ;
- изменением сопротивления цепи ротора (реостатное), только для АД с фазным ротором.

АД не имеет явно выраженных полюсов.

КПД АД вычисляется как $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ - это отношение полезной, т.е. мощности на валу (паспортной) к потребляемой мощности из сети. Большее значение КПД имеет двигатель большой мощности.

Кроме активной мощности P_1 двигатель потребляет реактивную мощность Q_1 , которая необходима для создания вращающегося магнитного поля статора.

Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S},$$

где S – полная мощность ($B \cdot A$).

Коэффициент загрузки:

$$\beta = \frac{P_2}{P_{ном}},$$

где $P_{ном}$ - мощность, допустимая по нагреву.

Двигатель АД должен работать при загрузке, близкой к номинальной при $\beta = 1$.

Синхронная машина (СМ) – машина переменного тока, у которой в устано-

вившемся режиме частота вращения ротора и частота вращения магнитного поля статора одинаковы (применяются в качестве синхронных генераторов СГ).

Роторы СМ бывают:

- явнополюсные (рис. 19а);
- неявнополюсные (рис. 19б).

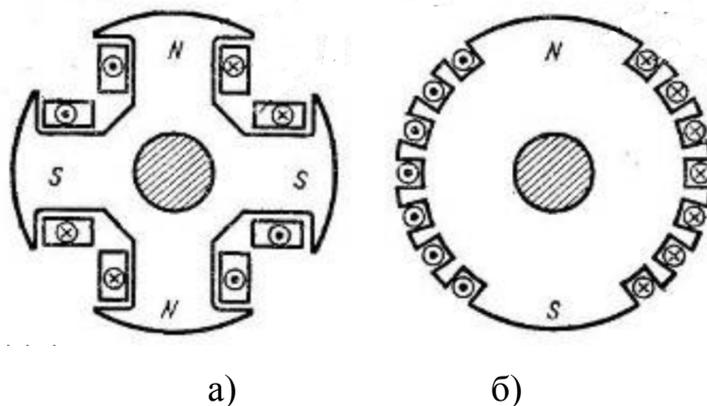


Рис. 14. Роторы СМ: а) явнополюсный; б) неявнополюсный

Принцип действия СГ основан на явлении электромагнитной индукции.

Характеристика холостого хода СГ представлена на рис. 20.

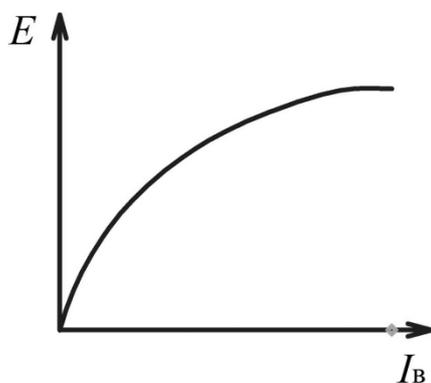


Рис. 15. Характеристика холостого хода полюсного СГ

Принцип действия синхронного двигателя (СД) основан на явлении притяжения разноименных полюсов двух магнитных полей – статора и ротора.

Частота вращения магнитного поля статора:

$$n_1 = \frac{f_1 \cdot 60}{p},$$

где f_1 - частота тока питающей сети; p - число пар полюсов.

При $p = 1$ максимальная частота вращения магнитного поля статора равна 3000 об/мин.

Механическая характеристика СД – это зависимость частоты вращения от момента на валу (см. рис. 21).

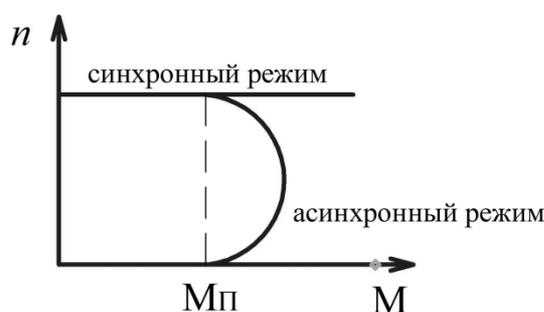


Рис. 16. Механическая характеристика синхронного двигателя

СМ, специально предназначенная для увеличения коэффициента мощности ($\cos\varphi$) в электрической сети, называется **компенсатором**. Он работает на холостом ходу и загружен только реактивным током; имеет облегченную конструкцию, малые размеры и массу.

В СМ имеет место **реакция якоря** – воздействие поля якоря на магнитное поле главных полюсов. Для уменьшения реакции якоря уменьшают магнитный поток Φ статора за счет увеличения воздушного зазора между ротором и статором.

Отличие СМ от АМ:

- постоянство частоты вращения;
- наличие собственного магнитного якоря;
- наличие реакции якоря.

Варианты контрольных заданий

Таблица 1.

| Вариант | U_H, B | $P_H, кВт$ | $S_H, \%$ | η | $\cos \varphi_H$ | p | $\frac{M_M}{M_H}$ | $\frac{M_{II}}{M_H}$ | $\frac{I_{II}}{I_H}$ |
|---------|----------|------------|-----------|--------|------------------|-----|-------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 220 | 0,8 | 3,0 | 0,78 | 0,86 | 1 | 2,2 | 1,9 | 7,0 |
| 2 | 220 | 1,1 | 3,0 | 0,795 | 0,87 | 1 | 2,2 | 1,9 | 7,0 |
| 3 | 220 | 1,5 | 4,0 | 0,805 | 0,88 | 1 | 2,2 | 1,8 | 7,0 |
| 4 | 220 | 2,2 | 4,5 | 0,83 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,8 | 7,0 |
| 5 | 220 | 3,0 | 3,5 | 0,845 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,7 | 7,0 |
| 6 | 220 | 4,0 | 2,0 | 0,855 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,7 | 7,0 |
| 7 | 220 | 5,5 | 3,0 | 0,86 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,7 | 7,0 |
| 8 | 220 | 7,5 | 3,5 | 0,87 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,6 | 7,0 |
| 9 | 220 | 10 | 4,0 | 0,88 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,5 | 7,0 |
| 10 | 220 | 13 | 3,5 | 0,88 | 0,89 | 1 | 2,2 | 1,5 | 7,0 |
| 11 | 220 | 17 | 3,5 | 0,88 | 0,90 | 1 | 2,2 | 1,2 | 7,0 |
| 12 | 220 | 22 | 3,5 | 0,88 | 0,90 | 1 | 2,2 | 1,1 | 7,0 |
| 13 | 220 | 30 | 3,0 | 0,89 | 0,90 | 1 | 2,2 | 1,1 | 7,0 |
| 14 | 220 | 40 | 3,0 | 0,89 | 0,91 | 1 | 2,2 | 1,0 | 7,0 |
| 15 | 220 | 55 | 3,0 | 0,90 | 0,92 | 1 | 2,2 | 1,0 | 7,0 |
| 16 | 220 | 75 | 3,0 | 0,90 | 0,92 | 1 | 2,2 | 1,0 | 7,0 |
| 17 | 220 | 100 | 2,5 | 0,915 | 0,92 | 1 | 2,2 | 1,0 | 7,0 |
| 18 | 380 | 10 | 3,0 | 0,885 | 0,87 | 2 | 2,0 | 1,4 | 7,0 |
| 19 | 380 | 13 | 3,0 | 0,885 | 0,89 | 2 | 2,0 | 1,3 | 7,0 |
| 20 | 380 | 17 | 3,0 | 0,89 | 0,89 | 2 | 2,0 | 1,3 | 7,0 |

Пример:

Трехфазный АД имеет следующие данные: $P_H = 10 \text{ кВт}$; $U_H = 380 \text{ В}$;
 $n_H = 1420 \text{ об/мин}$; $\eta = 0,84$; $\cos \phi_H = 0,85$; $\frac{I_{II}}{I_H} = 6,5$; $\lambda = 1,8$.

Определить: потребляемую мощность, номинальный и максимальный вращающий моменты, пусковой ток I_{II} , S_H , S_K ; построить механическую характеристику $n(M)$.

$$\text{Решение: } P_{1H} = \frac{P_H}{\eta} = \frac{10}{0,84} = 11,9 \text{ кВт}.$$

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H} = \frac{10}{1420} = 67,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_K = \lambda \cdot M_H = 1,8 \cdot 67,3 = 121 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$I_H = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} U_H \cdot \cos \phi_H} = \frac{11,9 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,84} = 21,2 \text{ А}.$$

$$\text{А } I_{II} = 6,5 \text{ А}, I_H = 138 \text{ А}.$$

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1500 - 1420}{1500} = 0,053.$$

Ближайшее большее значение n находим по табл. 2

Таблица 2

| p | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|------|------|------|-----|-----|
| об/мин | 3000 | 1500 | 1000 | 750 | 600 |

$$S_K = S_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,175.$$

Задаваясь скольжением S от 0 до 1, подсчитаем момент:

$$M = \frac{2M_K}{0,175/S + S/0,175}, [H \cdot m].$$

Частоту вращения определяем из уравнения $n_2 = n_1 \cdot (1 - S)$.

По полученным данным строим механическую характеристику.

Задача:

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, номинальная мощность которого P_H , включен в сеть под номинальным напряжением U_H с частотой $f = 50\text{Гц}$.

Определить: номинальный I_H и пусковой токи I_{Π} , номинальный M_H и пусковой M_{Π} , максимальный M_M моменты. Построить механическую характеристику. Данные для расчета приведены в табл. 1.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Волынский, Б.А. Электротехника / Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е.Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 528с.;
- 2) Амирова, С.С. Общая электротехника: учебно-методическое пособие / С.С.Амирова, В.И. Елизаров, Р.Н.Галияхметова. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2003. – 136с.;
- 3) Амирова, С.С. Тестовый подход к изучению электротехники и электроники: учеб. пособ. / С.С.Амирова, Д.В. Елизаров, В.Г.Макаров и др. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008. – 80с.;
- 4) Марченко, А.Л. Основы электроники: учебное пособие для вузов / А.Л.Марченко. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 296с.