

Вопросы к экзамену по электрическим машинам с краткими ответами

1 Электрические машины, принцип действия, разновидности.

Электрические машины, составляют основу электроэнергетики, как в процессе производства электроэнергии, так и в процессе её потребления. Они преобразуют механическую энергию в электрическую и наоборот. Работа всех электрических машин базируется на явлении электромагнитной индукции и на силовом действии электрического тока.

Если внешней силой воздействовать на помещенный в магнитное поле проводник и перемещать его, то в проводнике будет наводиться электродвижущая сила.

Если по проводнику, помещённому в магнитное поле, пропустить ток, то на проводник будет действовать электромагнитная сила. Под действием этой силы проводник начнёт двигаться в магнитном поле.

Выделяют следующие виды электрических машин: – трансформаторы; – машины постоянного тока; – машины переменного тока (асинхронные и синхронные).

2 Принцип действия генератора постоянного тока

В генераторах происходит преобразование механической энергии в электрическую за счёт электромагнитной индукции. В проводах, движущихся в магнитном поле возникает ЭДС, снимаемая со щёток. Переменная ЭДС витков якорной обмотки выпрямляется коллекторно-щёточным устройством. Чтобы генератор работал в нём надо возбудить магнитное поле. При протекании тока нагрузки по якорной обмотке создаётся тормозящий момент. Преодолевая этот момент, механическая энергия преобразуется в электрическую.

3 Принцип действия двигателя постоянного тока

Двигатель преобразует электрическую энергию в механическую.

На проводники с током якорной обмотки в магнитном поле действуют электромагнитные силы, и возникает вращающий момент. При вращении секции якорной обмотки переключаются с помощью коллектора, в них меняется направление тока.

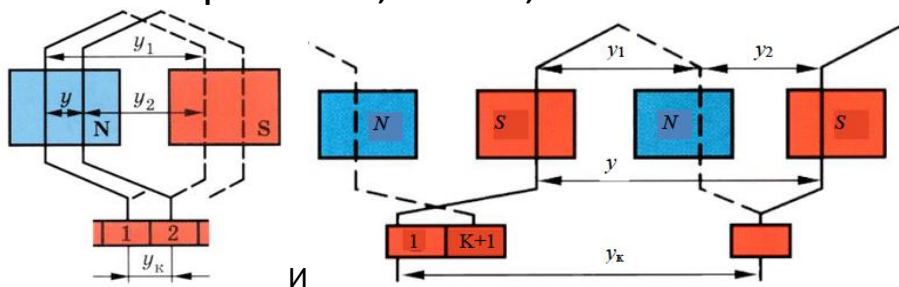
Приложенное к якору двигателя напряжение U уравнивается противоЭДС E , возникающую в движущихся

проводниках якорной обмотки и падением напряжения на их сопротивлении.

4 Устройство коллекторной машины постоянного тока

МПТ состоит из двух частей: неподвижной – статора и подвижной – ротора. Статор – пустотелый стальной цилиндр, на внутренней поверхности которого располагаются полюсы магнитной системы с обмотками возбуждения. Ротор – сердечник из отдельных листов электротехнической стали, в пазы которого укладывается якорная обмотка, подключаемая к пластинам коллектора, к которым прижаты щётки.

5 Обмотки якоря: петлевая, волновая, сложные



В простой петлевой обмотке начало и конец секции присоединены к рядом расположенным коллекторным пластинам. В волновой обмотке секция по форме напоминает волну.

Волновую последовательную обмотку применяют в электрических машинах больших напряжений, а петлевую параллельную – в машинах больших токов.

Сложные обмотки представляют собой некоторое количество простых обмоток, уложенных на якоре и соединённых параллельно с помощью щёток. Для них требуются уравниватели, которые электрически соединяют между собой простые обмотки в точках одинакового потенциала.

6 ЭДС и электромагнитный момент обмотки якоря

В движущихся проводниках якорной обмотки МПТ наводится ЭДС $E = c_E \cdot n \cdot \Phi$, которая у генераторов является рабочей, создающей ток в нагрузочной цепи, а у двигателей – противоЭДС, ограничивающей ток в якорной обмотке.

При протекании тока по проводникам якорной обмотки на них действует электромагнитная сила, создающая момент $M_{\text{эм}} = c_m \cdot I_a \cdot \Phi$. У двигателей этот момент является вращающим, у генераторов – тормозящим.

7 Реакция якоря. Коммутация

Воздействие поля якоря на поле индуктора называется *реакцией якоря*. Она искажает магнитное поле, уменьшает магнитный поток и сдвигает физическую нейтраль с геометрической нейтрали.

Коммутация происходит при переключении секции якорной обмотки из одной параллельной ветви на другую при вращении якоря. Реакция якоря вызывает искрение на щётках, для уменьшения которого применяют дополнительные полюсы или сдвиг щёток с геометрической нейтрали.

8 Генераторы постоянного тока

У *магнитоэлектрических* генераторов полюса из постоянных магнитов. Генератор, в котором обмотка возбуждения получает питание от постороннего источника тока, называют генератором с *независимым* возбуждением. Если напряжение на обмотку возбуждения подается с зажимов якоря того же генератора, то его называют генератором с *самовозбуждением*. Это могут быть генераторы *параллельного* и *смешанного* возбуждения

9 Двигатель параллельного возбуждения

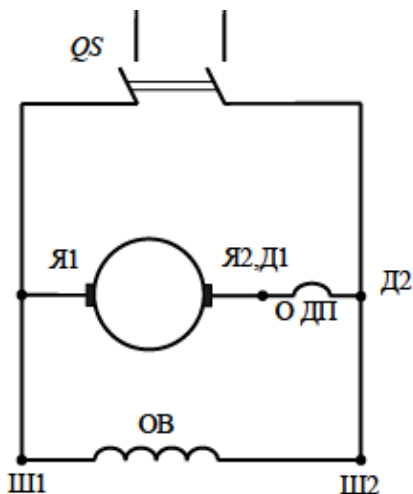
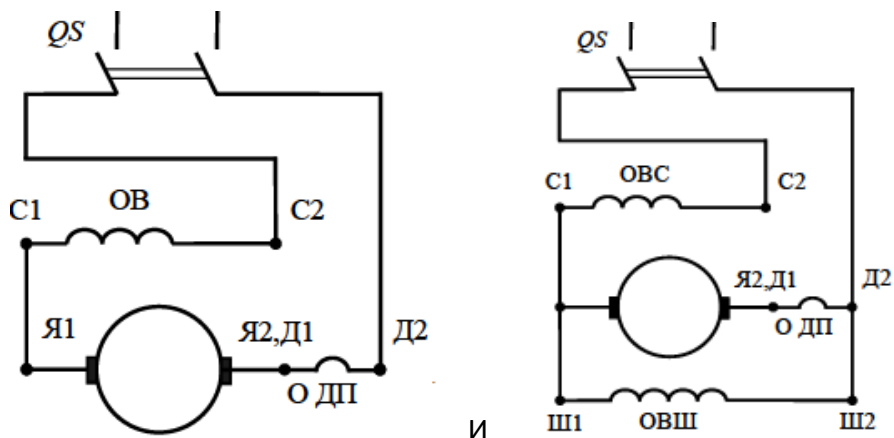


Схема содержит якорную обмотку Я1-Я2, параллельную (шунтовую) обмотку возбуждения ОВ Ш1-Ш2, обмотку дополнительных полюсов ОДП Д1-Д2.

Двигатель имеет жёсткую нагрузочную характеристику.

Для регулировки частоты вращения применяют реостат в цепи возбуждения или изменяют напряжение питания с помощью управляемого выпрямителя.

10 Двигатели последовательного и смешанного возбуждения



На схемах якорные обмотки Я1-Я2, параллельная (шунтовая) обмотка возбуждения ОВШ Ш1-Ш2, последовательные (сериесные) обмотки возбуждения ОВ (ОВС) С1-С2, обмотки дополнительных полюсов ОДП Д1-Д2.

Двигатель с последовательным возбуждением имеет мягкую гиперболическую нагрузочную характеристику, со смешанным – более жёсткую (промежуточную между характеристиками двигателей параллельного и последовательного возбуждения).

11 Пуск, реверсирование и торможение двигателя

При пуске двигателя в ход необходимо обеспечить надлежащий пусковой момент и предотвратить возникновение чрезмерного пускового тока, опасного для двигателя.

Возможны три способа пуска двигателя в ход:

- 1) прямой (применяется для двигателей малой мощности);
- 2) пусковым реостатом, включаемым последовательно в цепь якоря;
- 3) понижением напряжения в цепи якоря.

Для реверсирования требуется изменить полярность или обмотки возбуждения или якоря.

Различают следующие виды электрического торможения: рекуперативное, динамическое, противовключением. При рекуперативном торможении энергия возвращается источнику, при динамическом – рассеивается. Торможение противовключением выполняется путём переключения на обратное направление вращения.

12 Назначение, устройство трансформаторов и их применение

Трансформатор предназначен для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при неизменной частоте и мощности. Различают трансформаторы силовые и специальные (измерительные, согласующие, сварочные, автотрансформаторы, импульсные и т. д.).

Трансформатор состоит из магнитопровода (сердечника) и обмоток. В трансформаторах с масляным охлаждением они помещены в бак, наполненный трансформаторным маслом

На каждой электростанции устанавливают трансформаторы, осуществляющие повышение напряжения для передачи в высоковольтную линию. Во всех узлах распределительных сетей должны быть установлены понижающие трансформаторы.

13 Режим холостого хода трансформатора

При подключении к сети переменного тока первичной обмотки в ней возникает ток, который создает переменный магнитный поток Φ , пронизывающий как первичную, так и вторичную обмотки. Малая часть потока замыкается по воздуху – поток рассеяния Φ_s .

Основной поток Φ индуцирует в обмотках переменные ЭДС – e_1 и e_2 , пропорциональные, согласно закону электромагнитной индукции, числу витков w_1 и w_2 соответствующей обмотки и скорости изменения потока $d\Phi/dt$. Таким образом, мгновенные значения ЭДС, индуцированные в каждой обмотке, $e_1 = -w_1 d\Phi/dt$; $e_2 = -w_2 d\Phi/dt$, при $k = e_1 / e_2 = w_1 / w_2$.

При перемагничивании сердечника происходят потери энергии на гистерезис и вихревые токи. Эти потери не зависят от нагрузки.

14 Работа трансформатора под нагрузкой

Если к вторичной обмотке подключить нагрузку, то под воздействием ЭДС E_2 в ней протекает ток I_2 . Этот ток создает магнитный поток вторичной обмотки; он направлен навстречу потоку, создаваемому в сердечнике первичной обмоткой, пытаясь его уменьшить. Это приоткрывает путь току первичной обмотки, который увеличивается, создаваемый им дополнительный магнитный поток полностью компенсирует собой поток вторичной обмотки и результирующий поток в сердечнике трансформатора практически не изменится.

Таким образом, в трансформаторе автоматически изменяется величина тока, поступающего из сети в соответствии с изменением нагрузки. При этом $U_1 \approx E_1$ и $U_2 \approx E_2$.

15 Приведенный трансформатор. Т-образная схема замещения

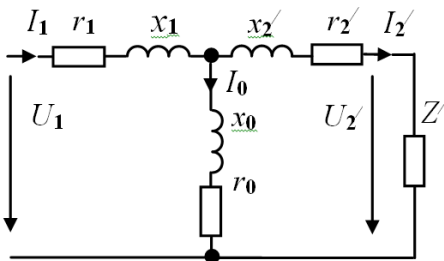
Приведение параметров вторичной обмотки к напряжению первичной с помощью коэффициента k позволяет условно заменить магнитную связь между обмотками на электрическую, а на схеме замещения электрически соединить эти обмотки в форме буквы Т.

Приведенные параметры обозначаются со штрихом «'».

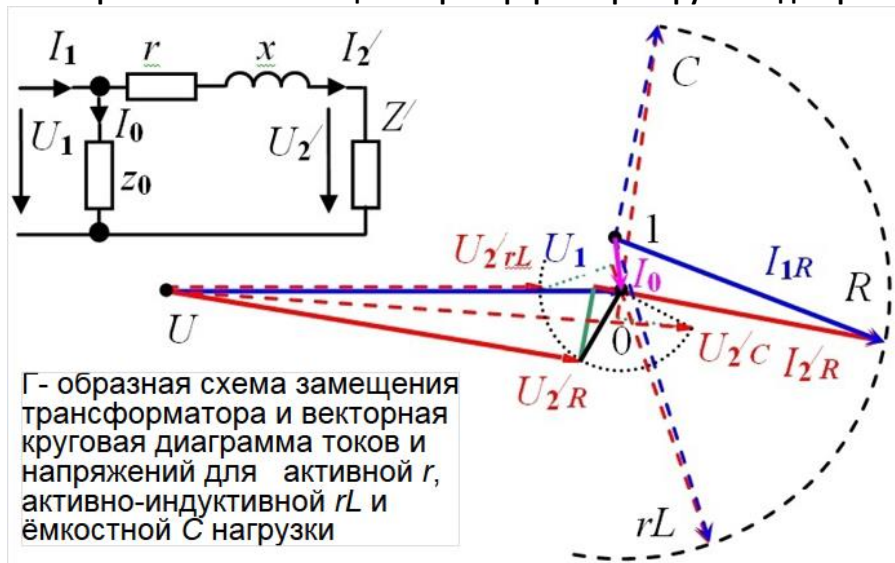
Т-образная схема замещения приведенного трансформатора содержит:

— сопротивления проводов
обмоток, первичной r_1 и вторичной
 $r_2' = k^2 r_2$;

- индуктивные сопротивления первичной $x_1 = \omega L_{S1}$ и вторичной $x_2' = k^2 x_2 = k^2 \omega L_{S2}$ обмоток, учитывающие магнитные потоки рассеяния;
- ветвь перемагничивания сердечника x_0, r_0 ,



16 Г-образная схема замещения трансформатора. Круговая диаграмма.



На схеме активное сопротивление $r = r_1 + r_2'$, а рассеяние магнитного потока – в виде индуктивного сопротивления $x = x_1 + x_2'$.

На диаграмме $I_0 + I_2'_{R.} = I_{1R.}$ (по первому закону Кирхгофа).

$$\underline{U}_2'_{\text{B}} = \underline{U}_1 - rI_2' - jxI_2' \text{ (по второму закону Кирхгофа).}$$

Вектор l_2' вращается вокруг т.О, по часовой стрелке от C через R до rL . Одновременно по часовой стрелке поворачивается треугольник потерь.

17 Опыты холостого хода и короткого замыкания

Опыт холостого хода проводится для определения коэффициента трансформации и параметров поперечной намагничивающей ветви Т-образной схемы замещения. Экспериментально коэффициент трансформации можно определить только по результатам измерения напряжений в режиме ХХ. Это объясняется тем, что только при холостом ходе, когда ток I_2 вторичной обмотки отсутствует, напряжение на выходе трансформатора равно ЭДС во вторичной обмотке E_2 .

$$k = E_1 / E_2 \approx U_{1H} / U_{20}, r_0 = P_0 / I_0^2, z_0 = U_{1H} / I_0, x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}.$$

Для новых и отремонтированных трансформаторов проводят **опыт короткого замыкания** для определения параметров последовательной ветви Г-образной схемы замещения. В этом опыте, при замкнутых выводах вторичной обмотки, на первичную подают такое пониженное напряжение U_K , при котором по первичной обмотке трансформатора начинает протекать номинальный ток I_{1H} .

$$r_K = P_K / I_{1H}^2; z_K = U_K / I_{1H}; x_K = \sqrt{z_K^2 - r_K^2}.$$

18 Изменение вторичного напряжения и внешние характеристики трансформатора

Изменение напряжения равно:

$$\Delta u\% = \left(\frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \right) \cdot 100 \%.$$

Экспериментальное определение

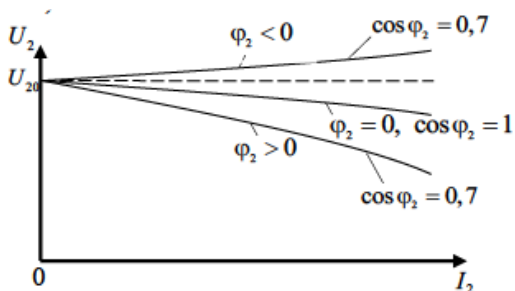
потери напряжения неудобно, поэтому

$\Delta u\%$ определяют на основании анализа векторной диаграммы, соответствующей упрощенной схеме замещения по формуле

$$\Delta u\% = \beta (u_{\text{кз}}\% \cos \varphi_2 + u_{\text{кп}}\% \sin \varphi_2),$$

где β – коэффициент нагрузки трансформатора равный отношению реального тока вторичной обмотки к номинальному значению тока в ней

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2H}} \approx \frac{I_1}{I_{1H}}; u_{\text{кз}}\% = \frac{I_{1H} r_K}{U_{1H}} \cdot 100 \%; u_{\text{кп}}\% = \frac{I_{1H} x_K}{U_{1H}} \cdot 100 \%.$$



Под внешней характеристикой подразумевается зависимость напряжения на вторичной обмотке трансформатора U_2 от тока нагрузки I_2 , снятая при неизменном напряжении сети и постоянном коэффициенте мощности $\cos \varphi_2$.

19 Потери и КПД трансформатора

При работе трансформатора в нём имеют место магнитные потери P_0 , которые складываются из потерь на *перемагничивание* магнитопровода (гистерезис) и потерь на *вихревые токи*. Также имеют место *электрические потери* $P_{\text{кн}}$ на нагрев обмоток трансформатора.

КПД трансформатора

$$\eta = \frac{\beta S_{\text{н}} \cos \varphi_2}{\beta S_{\text{н}} \cos \varphi_2 + (P_0 + \beta^2 P_{\text{кн}})}$$

где β – коэффициент нагрузки трансформатора
 $\cos \varphi_2$ – коэффициент мощности.

КПД имеет максимум

при $P_0 = P_{\text{кн}}$

Для большинства трансформаторов

$$\beta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{\text{кн}}}}$$

$\beta_{\text{опт}} = 0,5 \dots 0,7$. $\eta_{\text{max}} = 0,98-0,99$
для мощных трансформаторов
снижается до 0,6 при $S_{\text{н}}$ до 10 ВА.

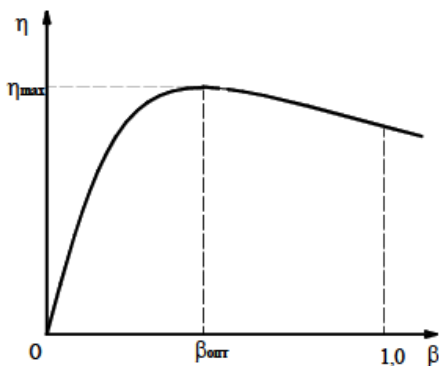


Рисунок 1.15 – Зависимость КПД трансформатора от коэффициента нагрузки при $\cos \varphi_2 = \text{const}$

20 Трёхфазные трансформаторы, группы соединения обмоток.

Параллельная работа трансформаторов

Сердечник трёхфазного трансформатора состоит из трёх стержней, с двух сторон соединённых ярмом. На каждом стержне уложена секция первичной и вторичной обмоток. Секции первичных обмоток обозначаются *A-X, B-Y, C-Z*, секции вторичных – соответственно *a-x, b-y, c-z*.

Первичные обмотки соединяются звездой либо треугольником и подключаются к симметричной цепи питающих напряжений. По ним протекают первичные токи I_{1A} , I_{1B} и I_{1C} , создающие магнитные потоки в стержнях Φ_A , Φ_B и Φ_C , изменяющиеся по синусоидальному закону.

Ко вторичным обмоткам по схемам звездой либо треугольником подключаются нагрузка. Наиболее употребительны схемы : *Y/Y, Y/Δ, Δ/Y*.

Для включения трансформаторов на параллельную работу необходимо:

- а) равенство коэффициентов трансформации , $k_1 = k_2$;
- б) равенство напряжений короткого замыкания, $u_{k1} = u_{k2}$;
- в) равенство групп соединения трансформаторов.

Рекомендуется, чтобы отношение номинальных мощностей трансформаторов, включаемых на параллельную работу, не превышало 3:1.

21 Специальные типы трансформаторов

У *автотрансформатора* вторичная обмотка является частью первичной; служит он для плавного регулирования вторичного напряжения. Конструктивно он выполняется в виде полого цилиндрического сердечника, навитого из ленты электротехнической стали. На изолированную поверхность цилиндра наматывается первичная обмотка АХ. Движок ЛАТРа выполняется в виде ролика, перемещающегося по виткам обмотки. Так как электромагнитным путём во вторичную обмотку передается только часть всей мощности, можно уменьшить сечение магнитопровода. Это же сокращает среднюю длину витка и количество меди, расходуемой на обмотку.

Измерительные трансформаторы используют главным образом для подключения электроизмерительных приборов в цепи переменного тока высокого напряжения. При этом они оказываются изолированными от цепей высокого напряжения, что обеспечивает безопасность работы обслуживающего персонала. Измерительные трансформаторы дают возможность измерять большие токи и напряжения с помощью приборов, рассчитанных для измерения малых токов и напряжений. Они рассчитаны для совместной работы со стандартными приборами (амперметрами на 1; 2; 2,5 и 5 А, вольтметрами на 100 и 173 В).

Один из выводов вторичной обмотки измерительного трансформатора должен быть заземлён.

При отключении измерительных приборов от вторичной обмотки трансформатора тока её следует замыкать накоротко.

22 Как устроен трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором? В чём особенность двигателя с фазным ротором?

Двигатель состоит из неподвижной части – статора и подвижной части – ротора. Статор имеет сердечник в виде полого цилиндра из кольцевых пластин электротехнической стали в пазы которого уложена медная обмотка, состоящая из трёх секций. Сердечник ротора также собран из пластин. В его пазах находятся стержни роторной обмотки, по торцам соединённые кольцами (беличья клетка).

В фазном роторе в пазах сердечника ротора находится обмотка из медных проводов, соединённая с контактными кольцами

23 Как создаётся вращающееся магнитное поле? Почему ротор вращается?

При включении обмотки статора в сеть трёхфазного тока возникает вращающееся магнитное поле статора, частота вращения которого n_1 определяется выражением

$$n_1 = f_1 \cdot 60 / p$$

Вращающееся поле статора сцепляется как с обмоткой статора, так и с обмоткой ротора и наводит в них ЭДС. ЭДС ротора создает в стержнях обмотки ротора токи. Магнитное поле статора увлекает за собой ротор, который отстаёт от него (это называется скольжением s) и вращается со скоростью $n_2 = n_1 \cdot (1 - s)$.

24 Что такое двигательный режим машины? Генераторный режим?

Режим торможения противовключением?

В соответствии с принципом обратимости электрических машин асинхронные машины могут работать как в двигательном, так и в генераторном режимах. Кроме того, возможен и режим электромагнитного торможения противовключением.

В двигательном режиме ротор следует за магнитным полем статора

$$0 < s < 1.$$

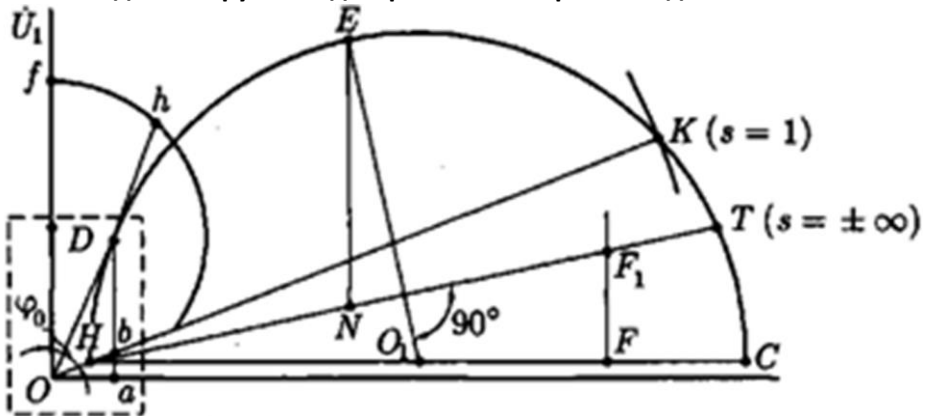
В генераторном режиме ротор обгоняет магнитное поле статора

$$-\infty < s < 0$$

В режиме торможения противовключением ротор движется
напротив движения магнитного поля статора

$$1 < s < +\infty.$$

25 Что видно на круговой диаграмме асинхронного двигателя?

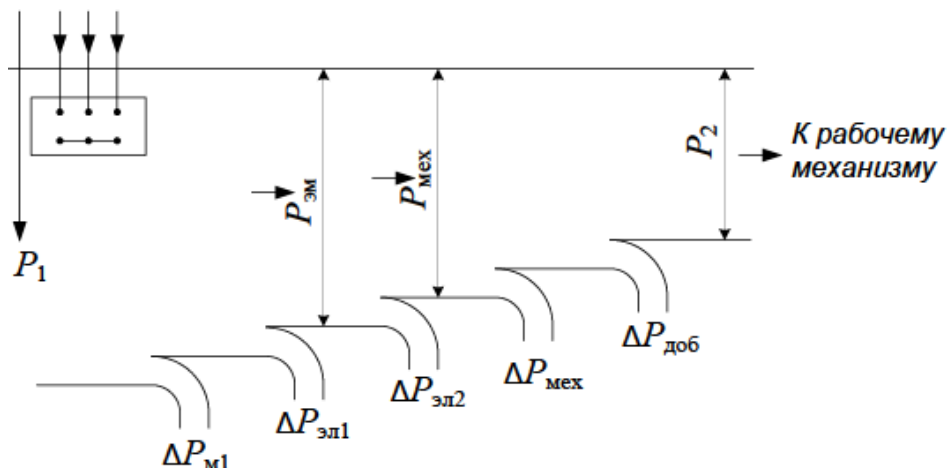


Ток холостого хода OH ; пусковой ток OK , Точка T соответствует скольжению $s = \pm\infty$ (ротор вращается по часовой стрелке или против неё с бесконечно большой скоростью). Отрезок EN показывает максимальный момент двигателя. При пуске рабочая точка перемещается из K по окружности в E а затем в D .

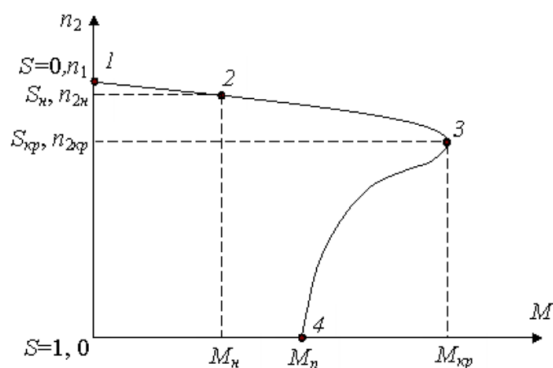
При нагрузке рабочая точка находится на дуге DE

26 Что показывает энергетическая диаграмма двигателя?

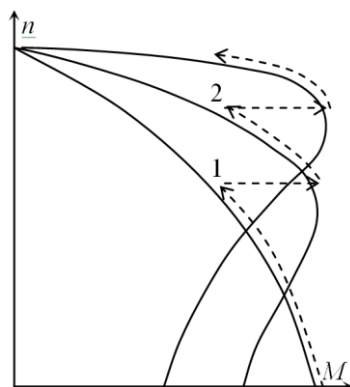
Процесс преобразования электрической энергии P_1 в механическую P_2 сопровождается потерями: $\Delta P_{м1}$, $\Delta P_{эл1}$, $\Delta P_{эл2}$, $\Delta P_{мех}$, $\Delta P_{доб}$.



27 Как выглядит механическая характеристика асинхронного двигателя? В чём особенности механической характеристики двигателя с фазным ротором?



Механическая характеристика АД с КЗР

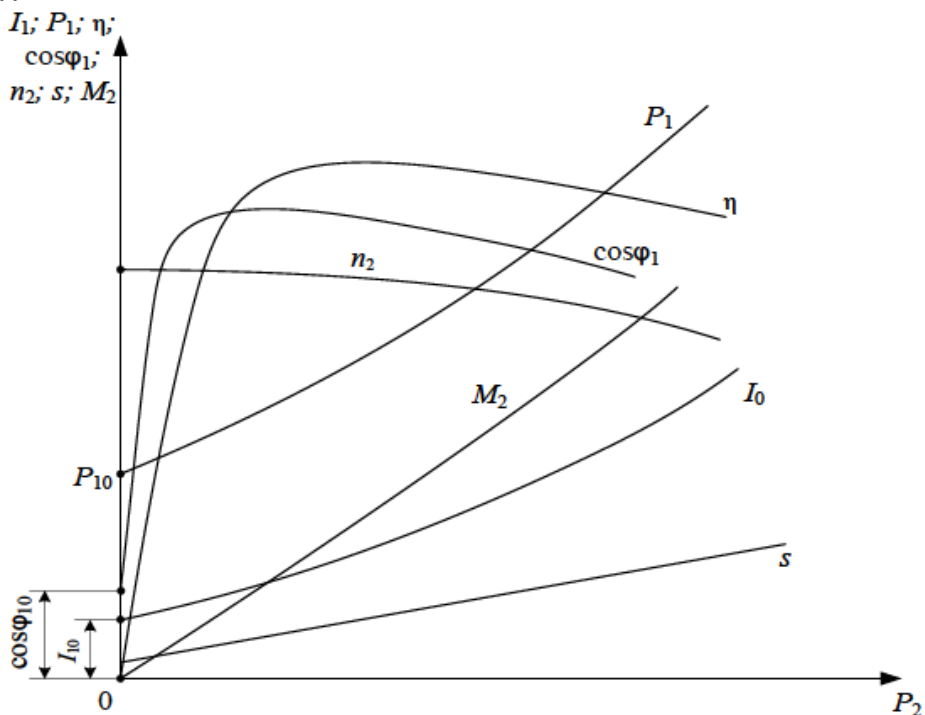


Характеристики АД с ФР

Механическая характеристика имеет максимум момента $M_{кр}$.

У двигателя с фазным ротором несколько механических характеристик в зависимости от включенных пусковых реостатов. Он переходит с 1 характеристики на 2, а затем на короткозамкнутую по мере разгона.

28 Приведите и опишите рабочие характеристики асинхронного двигателя.



29 Как осуществляется пуск в ход асинхронных двигателей? Как осуществляется реверс?

Основными показателями пусковых свойств асинхронных двигателей являются пусковой момент M_n и пусковой ток I_n .

Практически используют следующие способы пуска:

- непосредственное подключение обмотки статора к сети (прямой пуск);
- понижение напряжения, подводимого к обмотке статора при пуске: (переключение со «звезды» на «треугольник»; пуск через реактор; пуск через автотрансформатор);
- подключение к обмотке ротора пускового реостата (для фазного ротора);
- частотный пуск. Требуется специальный источник питания с регулируемой частотой.

Реверс – это изменение направления вращения ротора. Осуществляется изменением порядка чередования фаз подводимого напряжения с помощью применения двух контакторов и двух кнопок «Пуск»

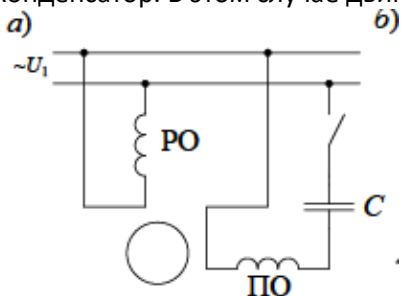
30 Как можно регулировать частоту вращения асинхронных двигателей?

Частоту вращения двигателя можно регулировать следующими способами: изменением частоты f_1 питающего напряжения, числа пар полюсов p и величины скольжения s и изменения величины питающего напряжения.

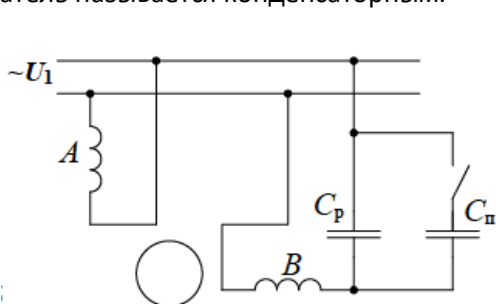
- Частотное регулирование требует преобразователя частоты.
- Способ изменения числа пар полюсов статорной обмотки требует особого её устройства.
- Изменение скольжения путём включения в цепь ротора добавочного активного сопротивления применяется в двигателях с фазным ротором.
- Для регулирования частоты вращения за счёт изменения питающего напряжения нужен тиристорный регулятор напряжения

31 В чём особенности конструкции и работы однофазных асинхронных двигателей?

У однофазного двигателя две обмотки. Одна из обмоток является рабочей, вторая может быть пусковой и использоваться только во время пуска (рис. а), а может, как и первая, быть рабочей, включенной через конденсатор. В этом случае двигатель называется конденсаторным.



Однофазный двигатель



Конденсаторный двигатель

32 Какие вы знаете асинхронные машины специального назначения?

В чём их особенности?

Индукционный регулятор напряжения (поворотный автотрансформатор) и фазорегулятор (поворотный трансформатор).

Машины для двух видов систем синхронной связи: системы «электрического вала» (синхронного вращения) и системы «передачи угла» (синхронного поворота) – сельсины.

Исполнительные двигатели, на статоре которых расположена двухфазная обмотка. Одна из фазных обмоток — обмотка возбуждения (ОВ) — постоянно включена в сеть, а на другую — обмотку управления

(ОУ) — напряжение (сигнал управления) подаётся лишь при необходимости включения двигателя.

Линейные асинхронные двигатели с бегущим магнитным полем; применяют для привода заслонок, ленточных конвейеров, подъёмно-транспортных механизмов, а также на транспорте в качестве тяговых двигателей.

33 Принцип действия синхронных машин и их применение.

Принцип действия СМ основан на вращении магнитного поля. В генераторе это поле создаётся магнитом (электромагнитом) ротора, его силовые линии пересекают витки статорной обмотки, наводя в них ЭДС. В двигателе вращающееся магнитное поле создаётся токами, протекающими по статорной обмотке, и увлекает за собой магнит (электромагнит) ротора.

Магнитное поле и ротор вращаются с одинаковой частотой, поэтому машины называют синхронными. Синхронные машины широко применяются в народном хозяйстве как электрические генераторы и двигатели преимущественно большой мощности.

34 Классификация и устройство синхронных машин.

СМ, как и все электрические машины, обратима, т. е. она может работать как генератором, так и двигателем. Синхронная машина состоит из неподвижной части – статора, и вращающейся части – ротора.

Статор СМ состоит из чугунной станины – корпуса, внутри которого находится сердечник статора, собранный из отдельных, изолированных между собой листов электротехнической стали. В пазы сердечника укладывают обмотку статора из медного изолированного провода.

По конструкции ротора существуют СМ с явнополюсным и неявнополюсным ротором. Ток в обмотку возбуждения подаётся через контактные кольца и щётки. Бывают СМ с магнитоэлектрическим возбуждением (используются постоянные магниты).

35 Требования к обмоткам статора и их разновидности

Основные требования к обмоткам:

- а) наименьший расход обмоточной меди;
- б) удобство и минимальные затраты при изготовлении (технологичность);
- в) форма кривой ЭДС, наводимой в обмотке статора, должна быть практически синусоидальной.

Различают однослойные и двухслойные обмотки с целым и дробным числом пазов на полюс и фазу.

36 Электродвижущая сила обмотки статора

Складывается из ЭДС отдельных катушек, мгновенные значения ЭДС которых равны $e_k = B_{\delta} \cdot 4 \cdot \tau \cdot l \cdot f_1 \cdot w_k$. При суммировании и переходе к действующим значениям получаем $E_1 = 4,44 \Phi f_1 \cdot k_{об1}$, где $4,44 = \pi\sqrt{2}$, Φ – магнитный поток, f_1 – частота тока, $k_{об1}$ – обмоточный коэффициент.

37 Реакция якоря синхронного генератора.

При протекании по обмотке якоря тока нагрузки генератора создается собственное магнитное поле, которое воздействует на поле обмотки возбуждения. Влияние магнитного потока якоря Φ_a на поле обмотки возбуждения Φ_0 называется *реакцией якоря*.

При чисто *активной нагрузке* реакция якоря поперечная.

При *индуктивной нагрузке* ток I отстает от ЭДС на 90° , и реакция якоря будет продольной размагничивающей.

При *ёмкостной нагрузке* реакция якоря продольная подмагничивающая.

Для компенсации действия реакции якоря изменяют ток возбуждения, при активной и индуктивной нагрузке его увеличивают, при ёмкостной – уменьшают.

38 Характеристики СГ при автономной работе.

Характеристика холостого хода СГ представляет собой график зависимости напряжения на выходе генератора в режиме холостого хода от тока в обмотке возбуждения I_B . При увеличении I_B напряжение растёт.

Внешняя характеристика СГ определяет зависимость $U = f(I)$ при $I_B = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$, $f = f_n$ и показывает, как изменяется напряжение на зажимах генератора U при изменении нагрузки и неизменном токе возбуждения. При активной и индуктивной нагрузке напряжение падает.

Регулировочная характеристика определяет зависимость $I_B = f(I)$ при $U = U_n = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$, $f = \text{const}$ и показывает, как нужно регулировать ток возбуждения синхронного генератора, чтобы при изменении нагрузки его напряжение оставалось неизменным. При активной и индуктивной нагрузке I_B нужно увеличивать.

39 Параллельная работа синхронных генераторов.

Большинство синхронных генераторов работают в параллель с сетью.

Для включения синхронных трёхфазных генераторов на параллельную работу необходимо выполнить следующие условия:

1) равенство действующих значений напряжения сети U_c и напряжения (ЭДС) на зажимах генератора U_f включаемого в сеть;

2) напряжения сети U_c и генератора U_r в момент включения должны совпадать по фазе;

3) равенство частот генератора f_r и сети f_c которое достигается регулированием частоты вращения;

4) одинаковая последовательность чередования фаз сети и генератора.

Несоблюдение может вызвать серьезную аварию и разрушение СГ.

40 Регулирование активной и реактивной мощности СГ.

Регулирование осуществляется изменением тока возбуждения. При небольших его значениях ток статорной обмотки достаточно велик, генератор потребляет из сети индуктивную мощность, Это режим недовозбуждения. По мере увеличения I_B ток статорной обмотки уменьшается, проходит минимум (режим нормального возбуждения), $\cos\varphi = 1$, и затем опять увеличивается – режим перевозбуждения – при нём генератор отдаёт в сеть ёмкостную реактивную мощность. Получается U-образная характеристика, минимум которой по мере увеличения активной нагрузки смещается в сторону больших I_B .

При изменении возбуждения генератора изменяется только его реактивная мощность, активная зависит от нагрузки.

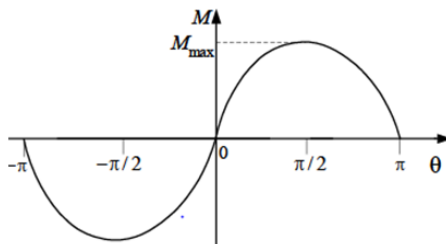
41 Момент синхронного двигателя.

К статору синхронного двигателя подводят трехфазный переменный ток, а к обмотке возбуждения ротора – постоянный. Вращающееся магнитное поле создаёт момент

$$M = 3 \cdot I \cdot U \cdot \cos\varphi / \omega_p = M_{\max} \cdot \sin\theta,$$

где θ – угол рассогласования. При этом с увеличением нагрузки угол θ увеличивается, момент возрастает

по синусоидальному закону. Если момент нагрузки превысит M_{\max} , то поддержание синхронной частоты вращения ротора будет невозможно и машина выпадет из синхронизма.

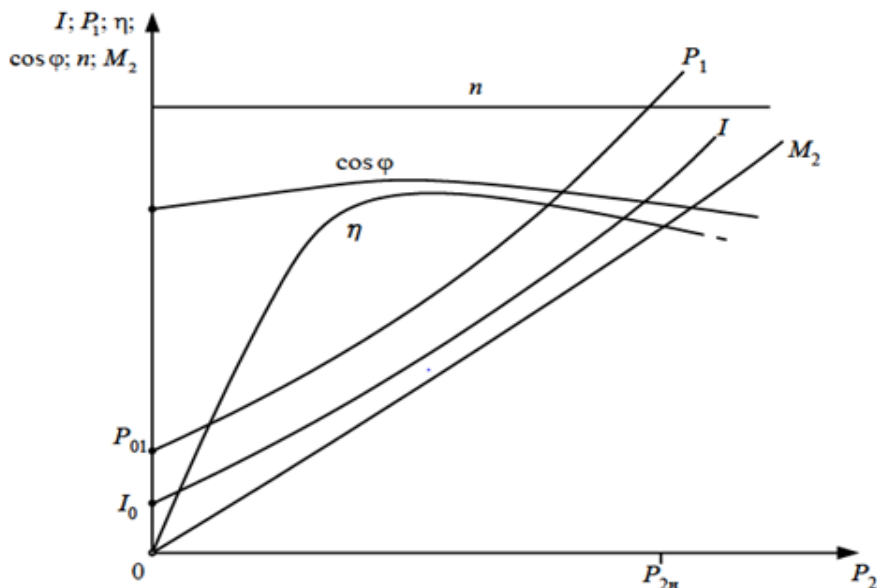


Вращающий момент синхронного двигателя пропорционален приложенному напряжению, а в асинхронном – квадрату напряжения.

42 Рабочие характеристики СД.

Показывают как при увеличении полезной мощности на валу двигателя P_2 частота вращения ротора n остаётся постоянной, полезный вращающий момент M_2 увеличивается пропорционально, ток статора I и потребляемая из сети мощность P_1 возрастают от начальных значений с

некоторым опережением, коэффициент мощности $\cos \varphi$ и КПД η увеличиваются, достигают максимума и затем уменьшаются. Снято при постоянных значениях напряжения сети U , частоты сети f и тока возбуждения I_B .



43 Пуск синхронного двигателя.

Пуск синхронного двигателя возможен лишь при условии предварительного разгона до частоты, равной синхронной или близкой к ней. Для синхронных двигателей обычно применяется асинхронный пуск, состоящий в том, что в начале пуска двигатель разгоняется как асинхронный. Для этого на роторе размещается пусковая обмотка.

При подключении обмотки статора к сети возникает вращающееся магнитное поле, которое индуцирует токи в пусковой обмотке ротора. В результате возникает вращающий момент, и двигатель разгоняется до некоторой установившейся частоты n_0 . В процессе асинхронного пуска обмотку возбуждения нельзя оставлять разомкнутой, на период разгона ротора её замыкают на активное сопротивление, примерно в десять раз большее сопротивления обмотки возбуждения.

После разгона обмотка возбуждения отключается от сопротивления и подключается к источнику постоянного тока. В результате возникает обычный для синхронной машины момент взаимодействия вращающегося поля статора и полюсов ротора, и двигатель втягивается в синхронизм, т. е. ротор начинает вращаться синхронно с полем.

44 Синхронные машины специального назначения.

Синхронные машины с постоянными магнитами (магнитоэлектрические) на роторе, имеют не обмотку, а постоянные магниты, Статор этих машин обычной конструкции с двух- или трёхфазной обмоткой.

Такие двигатели чаще всего изготавливают на небольшие мощности и применяют в приборостроении и устройствах автоматики.

Синхронные генераторы с постоянными магнитами применяют реже, главным образом в качестве автономно работающих генераторов повышенной частоты малой и средней мощности.

Шаговый (импульсный) двигатель — это электромеханическое устройство, которое преобразует импульсы напряжения в угловые или линейные дискретные (скачкообразные) перемещения (шаги). Наибольшее применение такие двигатели получили в электроприводах с программным управлением.

Синхронный реактивный двигатель СРД — в котором момент создается за счёт неравномерной магнитной проводимости ротора вдоль продольной и поперечной осей, причем ротор не имеет ни обмоток возбуждения, ни постоянных магнитов.

Синхронный реактивный двигатель с постоянными магнитами СДПМ является усовершенствованием СРД, имеет больший момент, выше КПД, компактнее и обеспечивает точное управление скоростью/моментом.