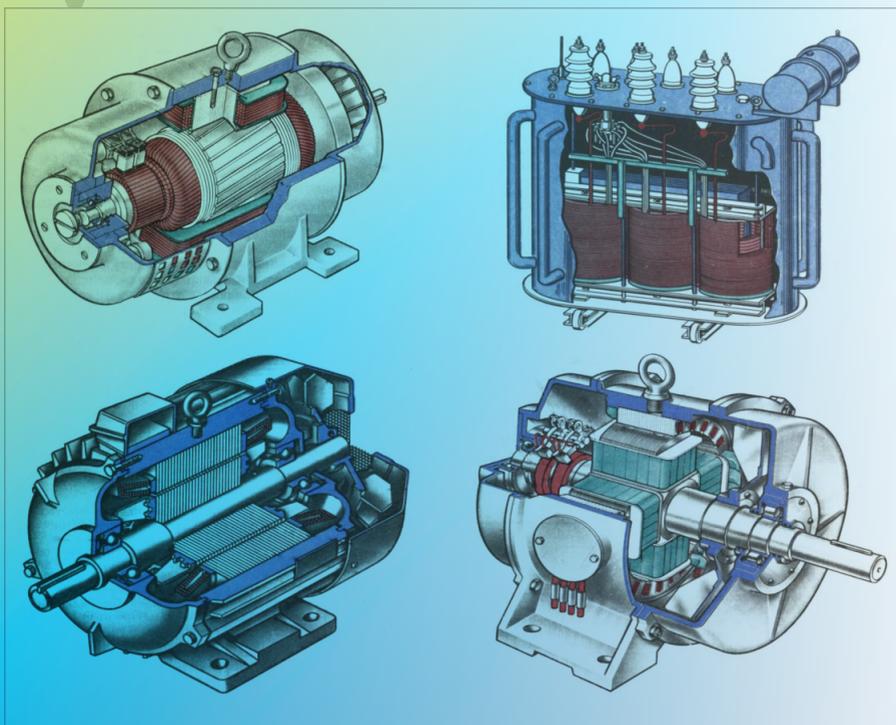


Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт энергетики и электротехники
Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. АСИНХРОННЫЕ И СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

Практикум по дисциплинам «Электрические машины» и «Электромеханика»



© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2015

ISBN 978-5-8259-0853-3

УДК 621.313(075.8)

ББК 31.261.5Я73

Рецензенты:

ведущий инженер-конструктор Службы вице-президента
по техническому развитию ОАО «АВТОВАЗ»,
д-р техн. наук *П.А. Николаев*;
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного
университета *В.А. Денисов*.

Авторы:

Ю.П. Петунин, М.А. Терентьева, Н.П. Бахарев,
А.Я. Цирулик, В.С. Цирулик

Электрические машины. Асинхронные и синхронные машины :
практикум по дисциплинам «Электрические машины» и «Элек-
тромеханика» / Ю.П. Петунин [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. –
1 оптический диск.

Представлены комплекты практических заданий и теоретических
пояснений к ним для активного обучения на практических и лабора-
торных занятиях по изучению дисциплин «Электрические машины»
и «Электромеханика».

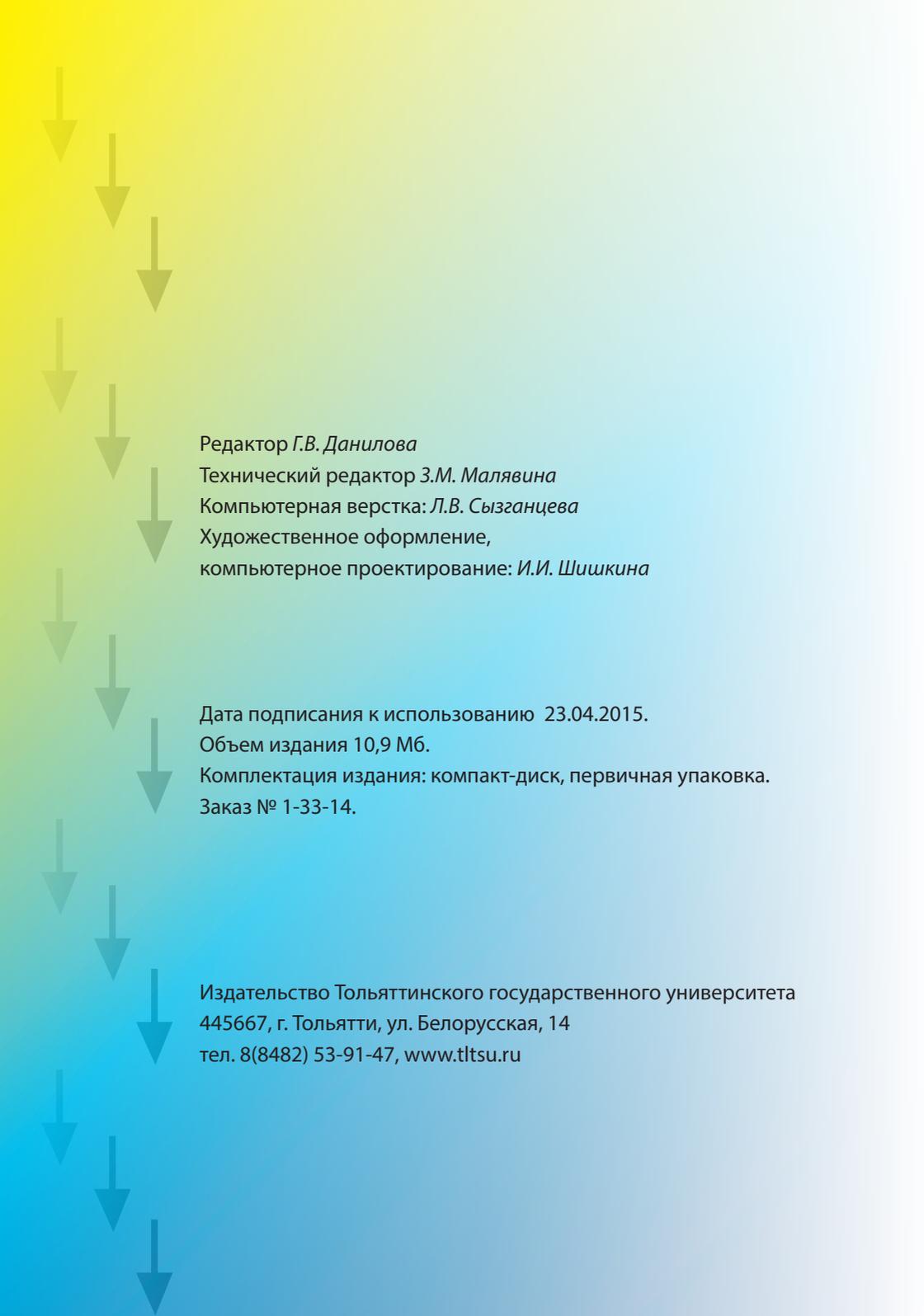
Предназначен для студентов направления 140400.62 «Электро-
энергетика и электротехника» очной и заочной форм обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольят-
тинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый ком-
пьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ;
SVGA; Adobe Reader.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2015



Редактор *Г.В. Данилова*
Технический редактор *З.М. Малявина*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 23.04.2015.
Объем издания 10,9 Мб.
Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.
Заказ № 1-33-14.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
тел. 8(8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ	6
Основные положения и формулы.....	6
Задания по асинхронным машинам.....	8
Глава 2. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ	82
Основные положения и формулы.....	82
Задания по синхронным машинам.....	85
Библиографический список.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Практикум соответствует программе дисциплин «Электрические машины» и «Электромеханика» для студентов направления подготовки 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника».

Целью создания практикума является необходимость усиления теоретической подготовки студентов с возможностью самостоятельного выполнения работ по проектированию, изготовлению, испытаниям, эксплуатации и исследованиям электрических машин.

Для достижения цели студенты должны приобрести практические знания в области устройства, принципов действия, основных вопросов теории и эксплуатации электрических машин посредством решения заданий практикума, а также навыки выполнения расчетных и экспериментальных исследований электрических машин.

В результате выполнения практической части дисциплин «Электрические машины» и «Электромеханика» студент должен:

- знать основные типы электрических машин, их конструкцию и принцип действия;
- уметь разбираться в особенностях теоретических положений разного типа машин;
- владеть практическими навыками по определению параметров, характеристик в зависимости от принадлежности машин к основному типу.

В результате изучения дисциплин у студентов формируются следующие компетенции:

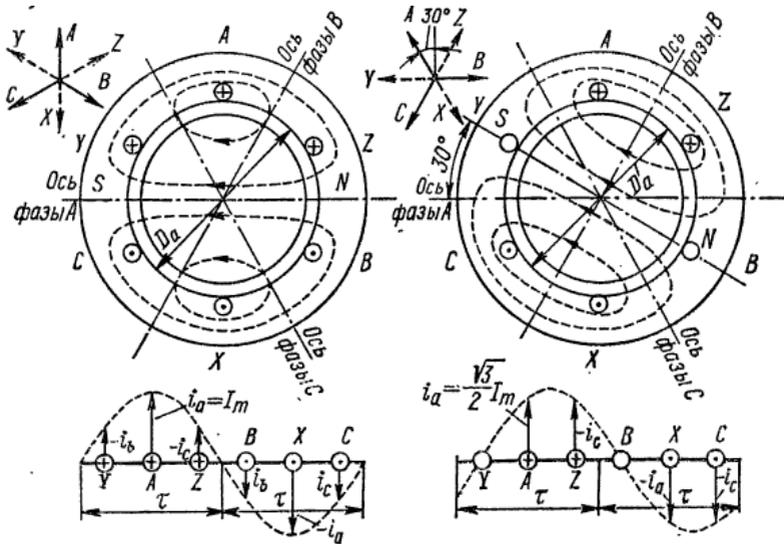
- способность контролировать режимы работы оборудования объектов электроэнергетики;
- способность к монтажу, регулировке, испытаниям и сдаче в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;
- готовность к приемке и освоению нового оборудования.

В практикум включено более 160 заданий, которые разнесены на две главы, соответствующие отдельным разделам курсов. В начале каждой главы приведены краткие теоретические сведения, облегчающие выполнение заданий.

Глава 1. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ [1; 2; 3; 4]

Основные положения и формулы

Вращающееся магнитное поле обмотки статора при $2p = 2$.



Скорость вращения магнитного поля статора в об/с

$$n_1 = f_1/p$$

или в об/мин

$$n_{1M} = 60f_1/p.$$

Линейная скорость вращения поля статора вдоль окружности статора:

$$v_1 = \pi D_a n_1 = 2p\tau \frac{f_1}{p} = 2\tau f_1,$$

где f_1 – частота напряжения обмотки статора; $2p$ – число полюсов обмотки статора; $\tau = \frac{\pi D_a}{2p}$ – полюсное деление; D_a – диаметр ротора.

Относительная разность скоростей вращения поля и ротора

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

называется скольжением.

Скорость ротора

$$n = (1 - S)n_1.$$

При пуске двигателя ($n = 0$) $S = 1$, а при вращении ротора синхронно с полем статора ($n = n_1$) $S = 0$, поэтому в режиме двигателя $0 < n < n_1$ и $1 > S > 0$.

При вращении ротора в сторону поля частота пересечения полем проводников ротора пропорциональна разности скоростей $n_1 - n$ и частота тока в обмотке ротора

$$f_2 = p(n_1 - n) \quad \text{или} \quad f_2 = spn_1 = sf_1.$$

Скорость вращения поля ротора относительно самого ротора:

$$n_{2p} = \frac{f_2}{p} = sn_1.$$

Скорость вращения поля ротора относительно статора:

$$n_{2c} = n + n_{2p} = (1 - s)n_1 + sn_1 = n_1.$$

В генераторном режиме асинхронной машины ($n > n_1$) скольжение $S < 0$.

В режиме противовключения ротор вращается в сторону, противоположную полю статора ($n < 0$), и скольжение $S > 1$.

ЭДС обмотки статора:

$$E_1 = \pi\sqrt{2}f_1\omega_1k_{об1}\Phi.$$

ЭДС обмотки вращающегося ротора:

$$E_{2s} = \pi\sqrt{2}sf_1\omega_2k_{об2}\Phi.$$

Для короткозамкнутой обмотки в виде беличьей клетки $m_2 = Z_2$, $w_2 = 1/2$.

Электромагнитный момент асинхронной машины:

$$M = \frac{pm_1U_1^2 \frac{r_2'}{s}}{\omega_1 \left[\left(r_1 + c_1 \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (x_{\sigma 1} + c_1 x'_{\sigma 1})^2 \right]}.$$

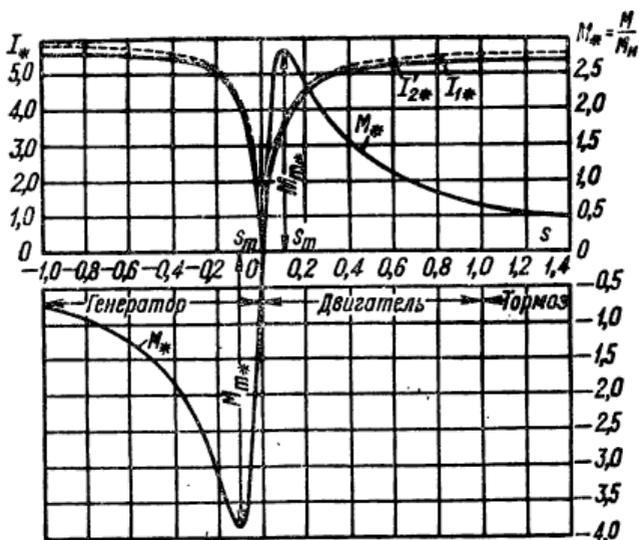
Максимальный электромагнитный момент:

$$M_m = \pm \frac{pm_1U_1^2}{2\omega_1 c_1 \left[\pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_{\sigma 1} + c_1 x_{\sigma 2})^2} \right]}.$$

Критическое скольжение:

$$S_m = \pm \frac{c_1 r_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_{\sigma 1} + c_1 x_{\sigma 2})^2}}.$$

Механическая и токовая характеристики асинхронной машины в режимах двигательном, генераторном и противовключения



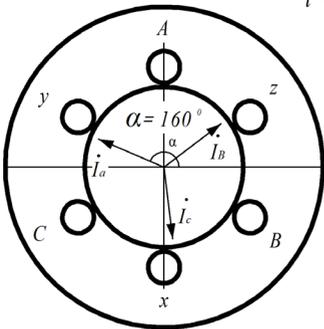
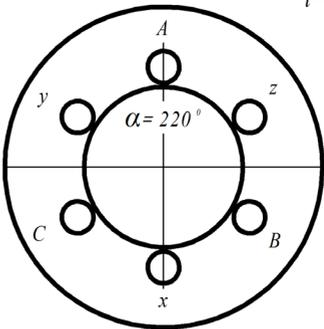
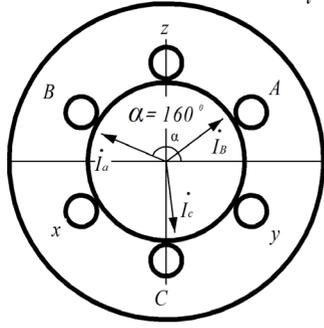
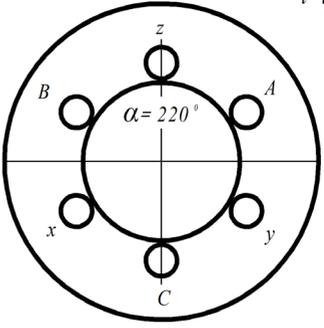
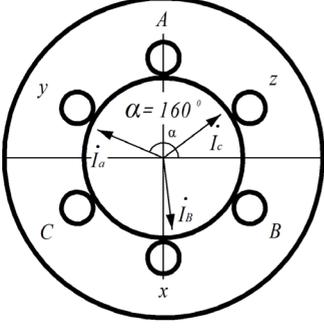
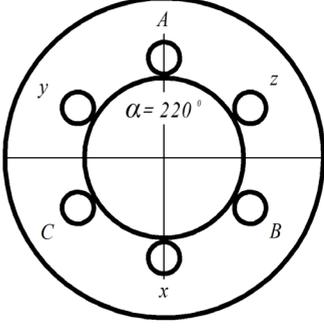
Задания по асинхронным машинам

Задание А1

1. Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для моментов времени $t = t_1$ и $t = t_2$. Векторные диаграммы фазных токов обмотки для времени t_1 и t_2 изображены на опросных картах А1.1...А1.12.
2. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для моментов t_1 и t_2 .
3. Определите направление вращения магнитного поля.
4. Определите частоту вращения магнитного поля, если частота переменного тока в обмотке $f = f_1$.
5. Определите направление вращения поля, не строя картину.

Примечание

1. Построение векторных диаграмм фазных токов с целью определения мгновенных значений токов в обмотках производите вне чертежа статора машины.
2. В проводниках обмотки статора указывайте только направление мгновенного значения фазного тока знаком «+» или «. ».

A1	4
 <p style="text-align: right;">$t=t_1$</p>	 <p style="text-align: right;">$t=t_2$</p>
A1	5
 <p style="text-align: right;">$t=t$</p>	 <p style="text-align: right;">$t=t_2$</p>
A1	6
 <p style="text-align: right;">$t=t$</p>	 <p style="text-align: right;">$t=t_2$</p>

A1	10
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>$t=t_1$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$t=t_2$</p> </div> </div>	
A1	11
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>$t=t_1$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$t=t_1$</p> </div> </div>	
A1	12
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>$t=t_1$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$t=t_2$</p> </div> </div>	

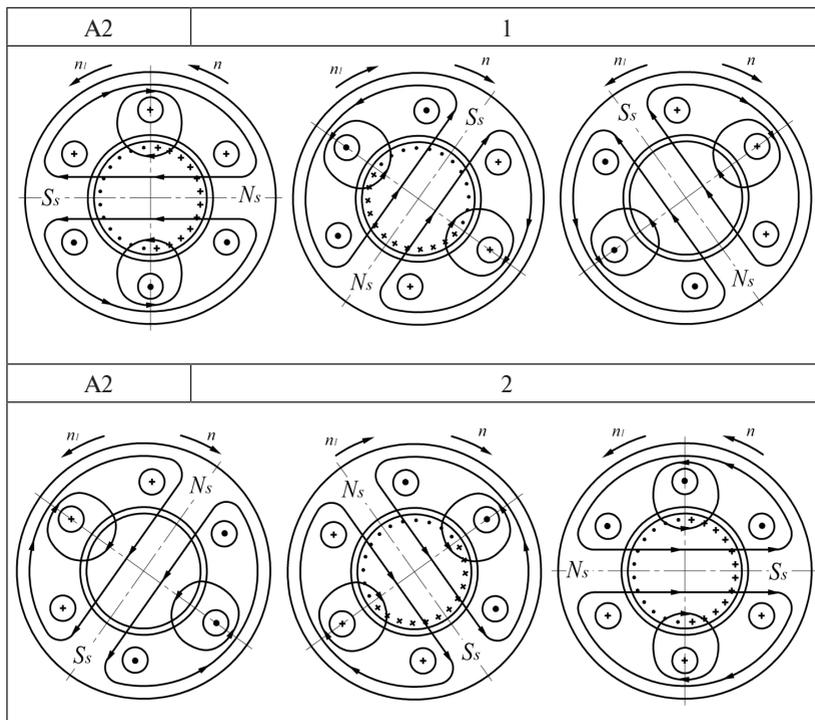
Задание А2

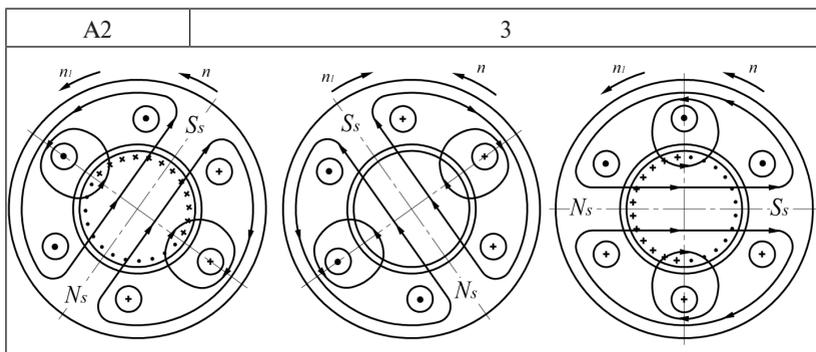
На опросных картах А2.1...А2.3 изображено направление ЭДС в проводниках короткозамкнутого ротора асинхронной машины, наведенной вращающимся магнитным полем токов обмотки статора, или направление вращения ротора.

Определите:

- 1) соотношение частот вращения магнитного поля статора и ротора ($n = n_1$; $n > n_1$; $n < n_1$) или направление ЭДС в проводниках короткозамкнутого ротора;
- 2) режим работы асинхронной машины;
- 3) направление электромагнитного момента;
- 4) диапазон возможных значений скольжений асинхронной машины при сохранении данного режима работы.

Варианты рисунков к заданию А2





Задание А3

1. Укажите диапазон значений номинальных скольжений асинхронного двигателя общепромышленного применения средней мощности.
2. Определите частоту вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя, число полюсов обмотки статора и скольжение, если номинальная скорость вращения ротора $n_n = 1455$ об/мин (980 об/мин, 2970 об/мин, 735 об/мин), а частота напряжения питающей сети $f_1 = 50$ Гц.
3. Найдите величину фазной ЭДС и частоту тока ротора трехфазного асинхронного двигателя, если ЭДС фазы обмотки неподвижного ротора $E_{21} = 100$ В (150 В, 200 В, 400 В), а частота тока в обмотке статора $f_1 = 50$ Гц (400 Гц). Номинальное скольжение $S_n = 0,03\%$ (0,01; 0,05; 2 %).
4. Вычислите для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором частоту вращения магнитного поля, созданного токами ротора, относительно вращающегося ротора, если число полюсов обмотки статора $2p = 4$ (6, 8, 10), частота питающей сети $f_1 = 50$ Гц, скольжение $S = 0,02\%$ (0,01; 0,03; 4 %).
5. Определите частоту вращения магнитного поля, созданного токами ротора, относительно неподвижного статора (вариант 4). Полученный результат сравните с частотой вращения магнитного поля статора. Объясните полученное соотношение частот вращения магнитных полей статора и ротора относительно друг друга.

Задание А4

1. Для обмотки (катушки) (рис. 4.1) укажите принятое положительное направление тока, МДС и оси обмотки.

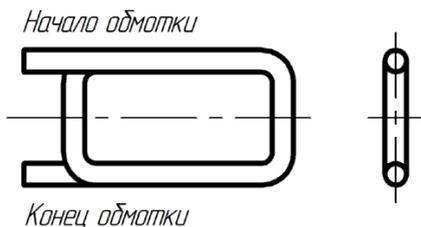


Рис. 4.1

2. В обмотках (рис. 4.2) показано направление тока. Определите направление оси каждой обмотки.

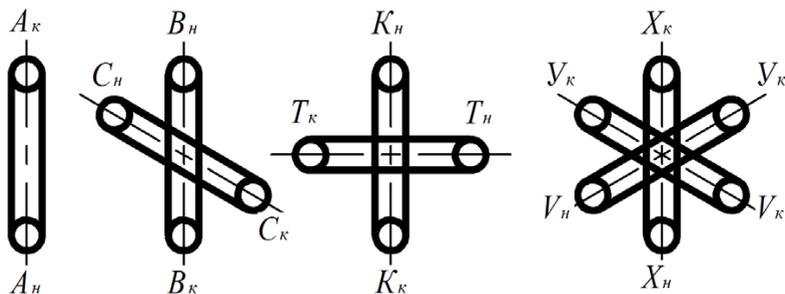
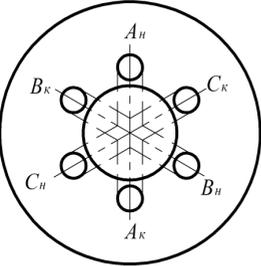
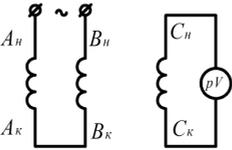
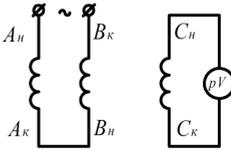
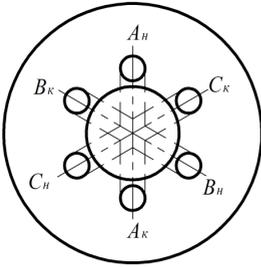
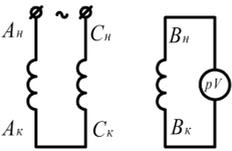
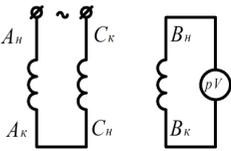
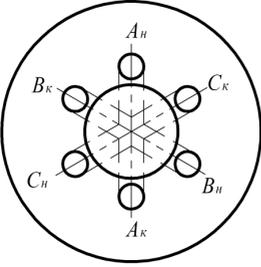
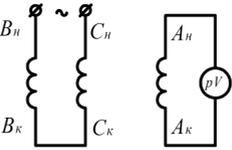
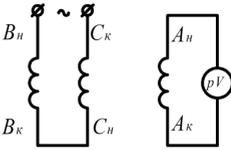


Рис. 4.2

3. Определите по рисункам на опросных картах А4.1...А4.3, отклонится ли стрелка вольтметра переменного тока, подключенного к одной из обмоток (фаз) трехфазного асинхронного двигателя, если две другие обмотки (фазы) соединены последовательно согласно или последовательно встречно и подключены к сети переменного напряжения. Ответ поясните построением векторных диаграмм МДС обмоток.

Варианты рисунков к заданию А4

А4	1
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Вариант 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Вариант 2</p> </div> </div>
А4	2
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Вариант 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Вариант 2</p> </div> </div>
А4	3
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Вариант 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Вариант 2</p> </div> </div>

Задание А5

Распределение магнитной индукции поля статора асинхронного двигателя в воздушном зазоре показано на рис. 5.1. Определите ЭДС в проводниках обмотки ротора и постройте распределение МДС и магнитной индукции поля ротора, если численные значения угла между ЭДС и током ротора равны 0 и $\pi/2$. При построении сделайте допущение: число пазов ротора $z_2 \rightarrow \infty$. Почему электромагнитный момент машины определяется только активной составляющей тока ротора? Ответ поясните с помощью графиков (рис. 5.2).

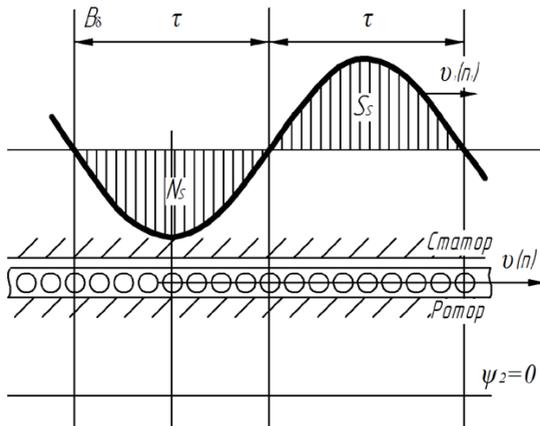


Рис. 5.1

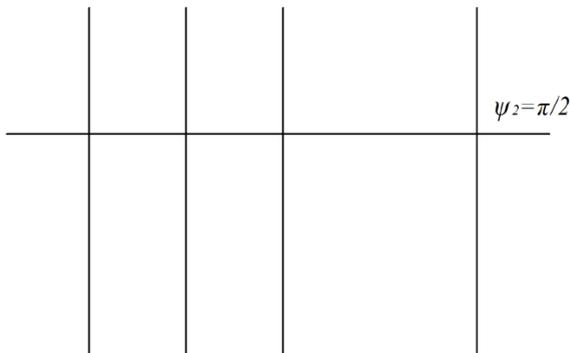


Рис. 5.2

Задание А6

1. Укажите на рис. 6 из трех представленных схем ту, электрические процессы в которой (характер изменения тока, индуктивного сопротивления) идентичны процессам во вращающемся роторе асинхронной машины.
2. Объясните, почему при изменении скорости вращения ротора изменяются величина ЭДС, индуцируемая вращающимся полем машины в обмотке ротора, и индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора.
3. Запишите формулы, отражающие зависимость ЭДС E_{2s} в обмотке ротора и ее индуктивного сопротивления рассеяния X_{2s} от скольжения и частоты вращения ротора:

$$E_{2s} = f(S), \quad E_{2s} = f(n); \quad x_{2s} = f(S), \quad x_{2s} = f(n).$$

Постройте графики зависимостей

$$E_{2s} = f(n), \quad x_{2s} = f(n).$$

4. Определите по схеме замещения вращающегося ротора в комплексной форме выражение для тока ротора. Чему равно возмущающее значение тока?
5. Определите величину угла ψ_2 (ψ_2 — угол между вектором ЭДС E_{2s} и вектором тока I_2). Покажите, как изменяется угол ψ_2 при изменении скольжения:

$$0 < S < 1; \quad 1 < S < +\infty; \quad -\infty < S < 0.$$

Как изменяется активная составляющая тока ротора при изменении скольжения, если амплитуда вектора тока ротора постоянна?

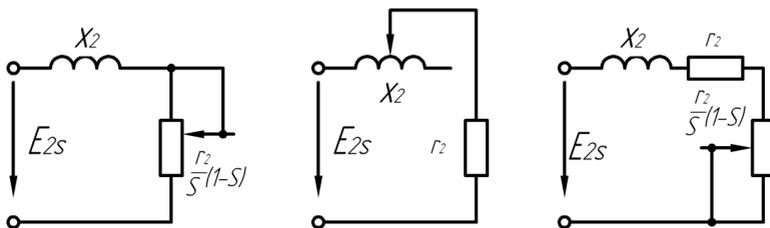


Рис. 6

Задание А7

1. Нарисуйте электрическую схему замещения ротора. На рис. 7.1 изображены две контурные электрические схемы. Покажите, что зависимость тока I_2 от параметров, элементов на схемах аналогична зависимости тока I_2 для реального вращающегося ротора. Объясните, как получить схемы, представленные на рис. 7.1, по известной схеме замещения вращающегося ротора.
2. Определите потребляемую электрическую мощность для схемы вращающегося ротора и схем, изображенных на рис. 7.1. Объясните, почему электрические мощности неравны.
3. Нарисуйте Т-образную схему замещения асинхронной машины. Укажите направление токов, напряжений (ЭДС).
4. Обозначьте каждый элемент схемы замещения. Укажите, от каких параметров машины зависит каждое электрическое сопротивление Т-образной схемы замещения.
5. Найдите через параметры схемы замещения электромагнитную, механическую и полезную мощности асинхронного двигателя. Определите электрические потери в обмотках машины и потери в стали.
6. Проанализируйте по Т-образной схеме замещения, как будет изменяться ток обмотки статора I_1 и ток намагничивающей ветви схемы I_0 при увеличении скольжения асинхронного двигателя.
7. В чем состоит неточность отражения процессов реального асинхронного двигателя Т-образной схемой замещения? Нарисуйте Т-образную схему замещения.
8. На рис. 7.2 изображена Т-образная схема замещения асинхронной машины и показано распределение энергии в режиме двигателя. Обозначьте параметры схемы и потери мощности. Определите потери мощности через параметры схемы замещения.

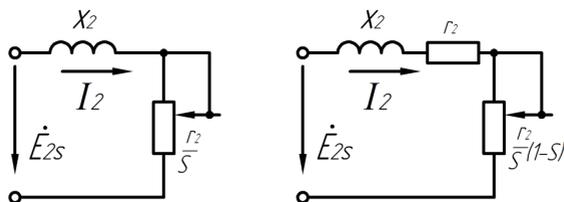


Рис. 7.1

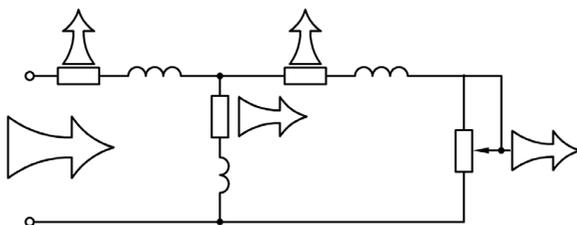


Рис. 7.2

Задание А8

1. На рис. 8.1 изображена механическая характеристика асинхронного двигателя. Какой вид будет иметь эта характеристика, если напряжение сети уменьшится на 10 % (20 и 30 %)?
2. Нарисуйте механическую характеристику, если активное сопротивление ротора увеличилось в 2 раза. (Начальное критическое скольжение $S_{кр} \approx 0,15$.)
3. Как надо изменить активное сопротивление ротора, чтобы критическое скольжение $S_{кр}$ было равно единице?
4. На рис. 8.2 показаны механические характеристики асинхронного двигателя и нагрузочного агрегата M_c . Определите, является ли в указанных случаях работа асинхронного двигателя устойчивой. Почему? Что такое статическая устойчивость? Напишите математическое выражение условия статической устойчивости. Покажите на механической характеристике двигателя области устойчивой и неустойчивой работы.
5. На рис. 8.3 представлена механическая характеристика асинхронного двигателя. Объясните наличие «провала» на характеристике. Изобразите механическую характеристику асинхронного двигателя при наличии в магнитном поле 5-й и 7-й гармоник.
6. На рис. 8.4 отображена механическая характеристика асинхронного двигателя, полученная экспериментально (кривая 1) и расчетом для значений параметров машины при номинальной частоте вращения ротора (кривая 2). Объясните, почему характеристики отличаются в области больших скольжений и совпадают в области малых. Какие параметры асинхронного двигателя и каким образом изменяются в процессе пуска, то есть при изменении скольжения от $S = 1$ до $S = S'_н$?

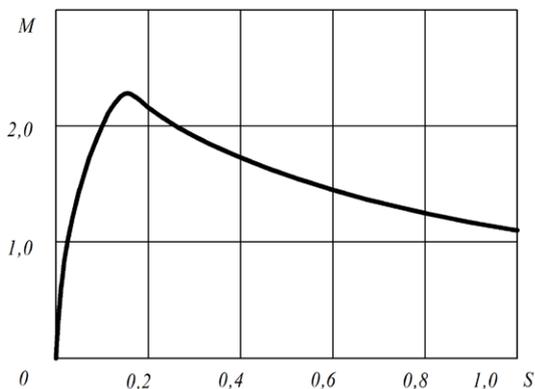


Рис. 8.1

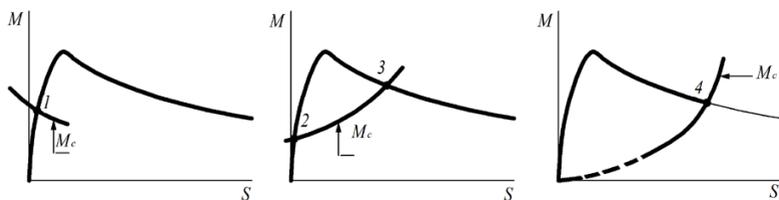


Рис. 8.2

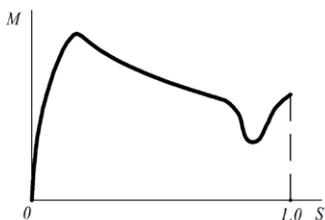


Рис. 8.3

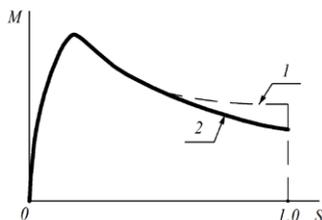


Рис. 8.4

Задание А9

1. Как провести опыт холостого хода для асинхронного двигателя? Нарисуйте электрическую схему подключения трехфазного асинхронного двигателя к сети. Установите измерительные приборы: амперметр, вольтметр, ваттметр.

2. Нарисуйте схему замещения асинхронного двигателя при холостом ходе. Как определить параметры двигателя из опыта холостого хода?
3. Нарисуйте графики зависимости потребляемой мощности P , тока обмотки статора I_0 и $\cos\varphi$ от напряжения сети. Объясните характер изменения активной мощности, тока и $\cos\varphi$ при холостом ходе асинхронного двигателя, если напряжение сети монотонно увеличивается до $U_1 = (1,1\dots1,2) U_{1H}$.
4. Чем ограничивается нижний предел напряжения сети U_{1min} в опыте холостого хода? К чему может привести чрезмерное увеличение напряжения сети $U_1 \gg U_{1H}$ при холостом ходе?
5. Какова величина тока холостого хода для серийного двигателя средней мощности? Чем определяется величина тока холостого хода? Как можно уменьшить величину этого тока?
6. Чем определяется величина активной и реактивной составляющей тока холостого хода асинхронного двигателя?
7. На что расходуется активная мощность, потребляемая асинхронным двигателем из сети при холостом ходе? Как можно снизить величину этой мощности?
8. Как по зависимости $P = f(U_1)$ произвести разделение механических потерь и потерь в стали?

Задание А10

1. Как произвести опыт короткого замыкания для асинхронного двигателя? Нарисуйте электрическую схему подключения трехфазного асинхронного двигателя к сети. Установите измерительные приборы: амперметр, вольтметр, ваттметр.
2. Нарисуйте схему замещения асинхронного двигателя при коротком замыкании. Как определить параметры асинхронного двигателя по опытным данным в режиме короткого замыкания?
3. Нарисуйте графики зависимости потребляемой мощности P , тока обмотки статора I_1 и $\cos\varphi$ от напряжения сети. Объясните характер изменения мощности, тока и $\cos\varphi$ при коротком замыкании асинхронного двигателя с увеличением напряжения сети от $U_1 = U_{1K}$ (U_{1K} — напряжения короткого замыкания). Как влияет на вид характеристик форма пазов статора и ротора асинхронной машины?

4. Что такое напряжение короткого замыкания $U_{1К}$? Почему напряжение короткого замыкания $U_{1К} < U_{1Н}$?
5. Какова величина напряжения короткого замыкания для серийных асинхронных двигателей средней мощности? Чем определяется величина напряжения короткого замыкания $U_{1К}$? Как можно уменьшить или увеличить $U_{1К}$?
6. Чем определяется величина активной и реактивной составляющей напряжения короткого замыкания?
7. На что расходуется активная мощность, потребляемая асинхронным двигателем из сети в режиме короткого замыкания?

Задание А11

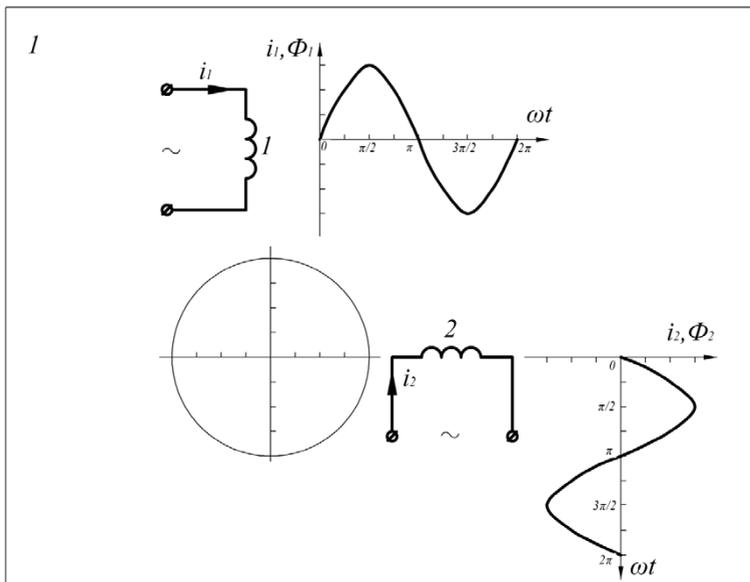
1. Нарисуйте зависимость электромагнитного момента $M = f(P_2)$ асинхронного двигателя от полезной мощности. Объясните изменение момента при увеличении мощности P_2 . Чему равно значение частоты вращения ротора при $P_2 = 0$?
2. Нарисуйте график зависимости частоты вращения ротора асинхронного двигателя от полезной мощности: $n = f(P_2)$. Объясните изменение частоты вращения n с увеличением мощности P_2 . Чему равно значение частоты вращения ротора при $P_2 = 0$?
3. Нарисуйте для асинхронного двигателя график зависимости $\cos\varphi = f(P_2)$. Объясните, почему с увеличением полезной мощности $\cos\varphi$ сначала увеличивается, а потом начинает уменьшаться. Ответ поясните построением векторных диаграмм. Чему равно значение $\cos\varphi$ при $P_2 = 0$? Ответ пояснить по Т-образной схеме замещения асинхронного двигателя.
4. Нарисуйте график зависимости КПД асинхронного двигателя от полезной мощности: $\eta = f(P_2)$. Объясните характер изменения КПД двигателя полезной мощности P_2 . Сформулируйте условие максимума КПД. Каким образом выбирается номинальное значение КПД η_n и полезной мощности $P_{2Н}$? Почему обычно $P_{2Н} > P_{2м}$, а $\eta_n < \eta_{\max}$? ($P_{2м}$ – мощность, соответствующая максимальному КПД η_{\max} .)

Задание А12

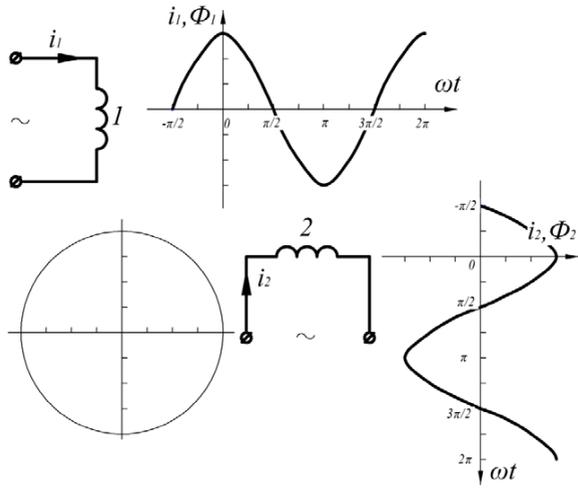
По неподвижным катушкам 1 и 2 протекают синусоидальные токи i_1 и i_2 , создающие пульсирующие во времени магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , которые расположены в пространстве по осям соответствующих катушек.

1. Определите величину пространственного угла между осями катушек 1 и 2.
2. Определите начальные фазы ψ_1, ψ_2 токов i_1, i_2 и сдвиг фаз ψ потоков Φ_1 и Φ_2 .
3. Постройте из центра круга векторы потоков Φ_1 и Φ_2 для момента времени $\omega t = 0$. Постройте вектор результирующего потока Φ .
4. Постройте вектор результирующего потока Φ для моментов $\omega t = 0; \pi/2; \pi; 3\pi/2; 2\pi$.
5. Какую линию описывает конец вектора Φ ?
6. Является ли результирующее поле пульсирующим, вращающимся круговым или вращающимся эллиптическим?
7. Сформулируйте условия, при выполнении которых магнитное поле, созданное двумя катушками, будет пульсирующим, вращающимся эллиптическим, вращающимся круговым.

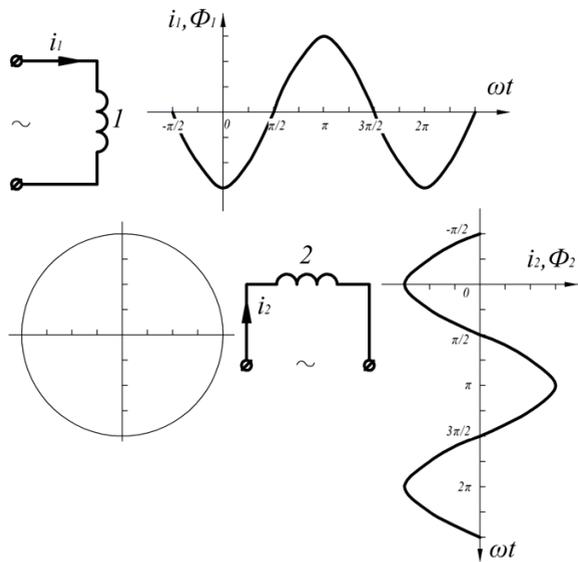
Варианты рисунков к заданию А12



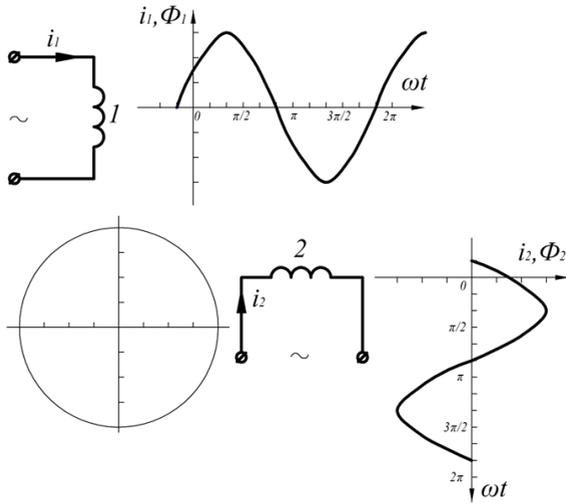
2



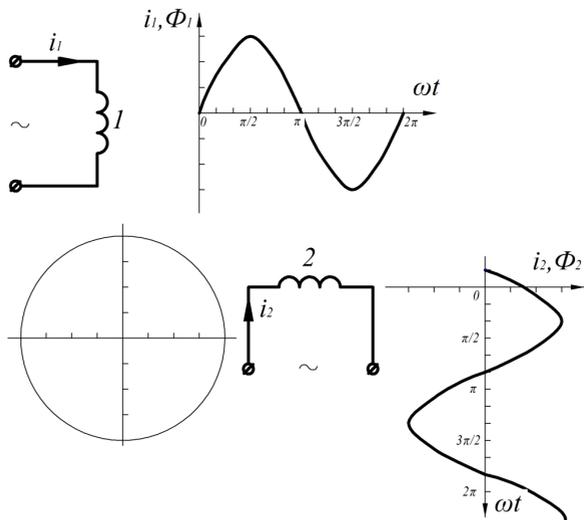
3



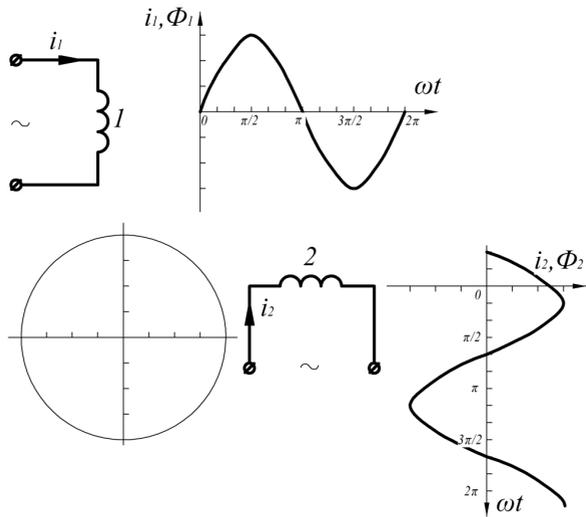
4



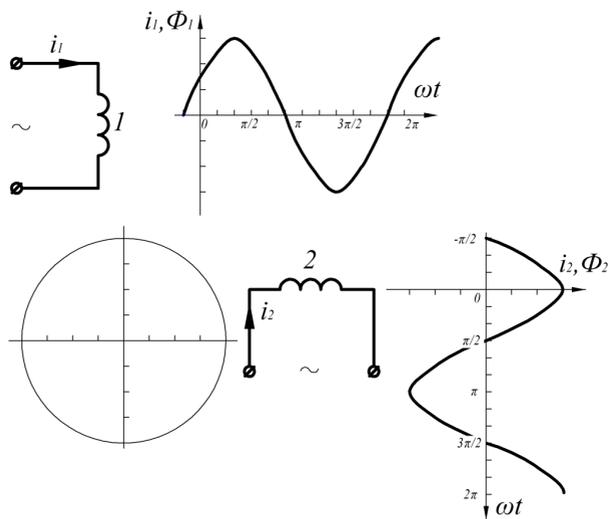
5



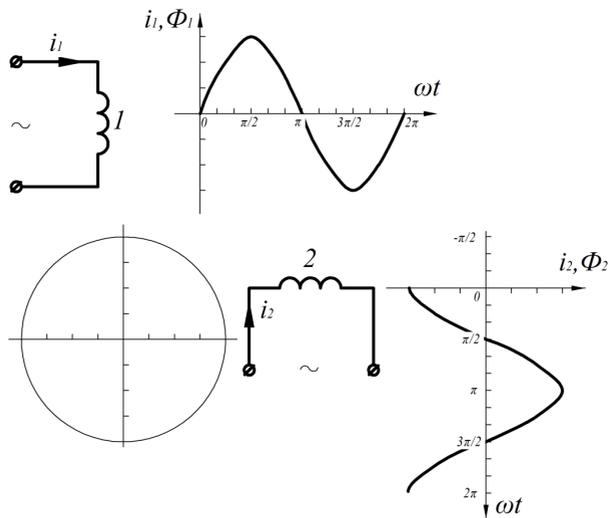
6



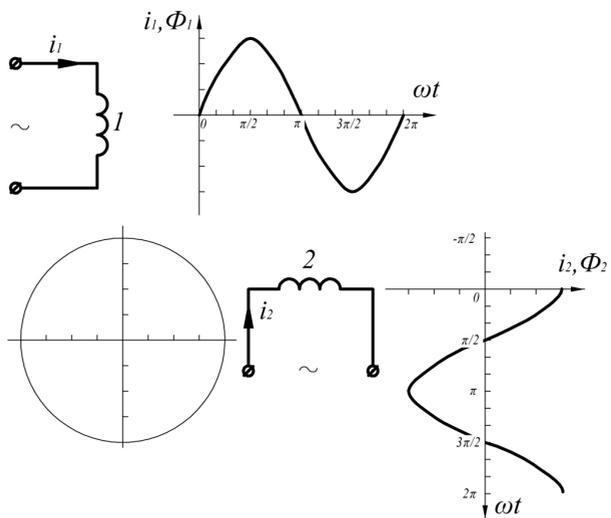
7



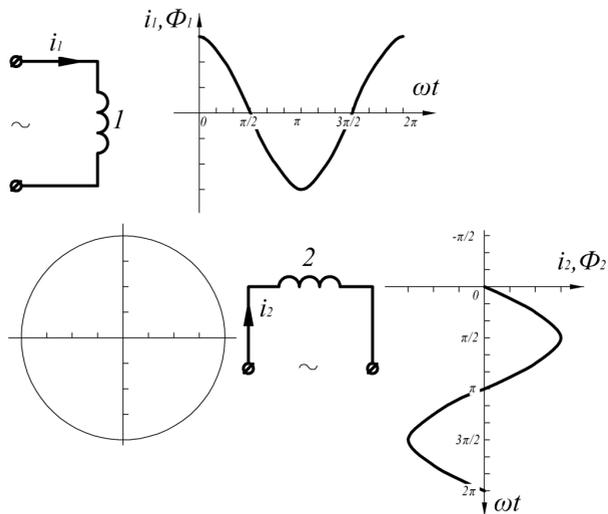
8



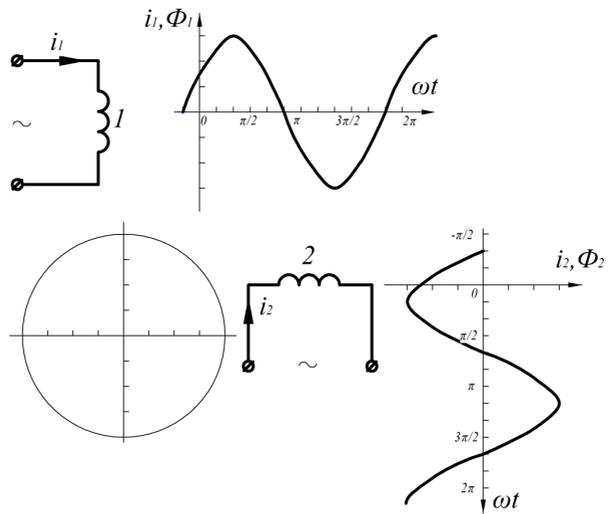
9



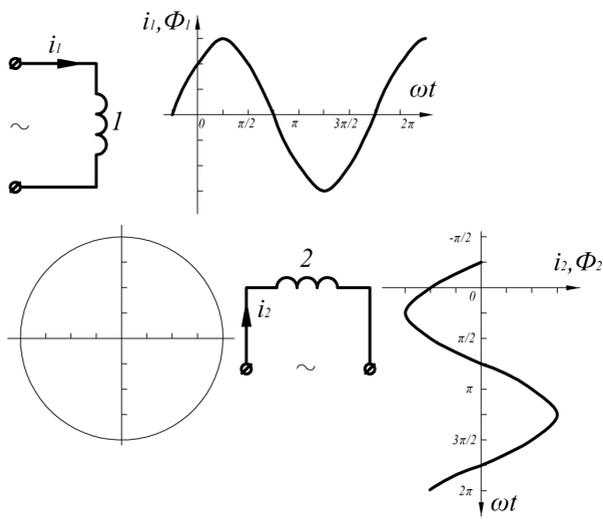
10



11



12



Задание А13. Эскиз активной части асинхронной машины

1. Изобразите проекции активной части асинхронной машины с продольным и поперечным сечениями и назовите основные части машины.

Задание А14. Устройство асинхронной трехфазной машины

1. Расскажите, из каких конструктивных элементов состоят статор и ротор асинхронной машины.
2. Объясните устройство короткозамкнутого ротора.
3. Объясните устройство фазного ротора.
4. Объясните назначение колец и щеток в асинхронной машине с фазным ротором.

Задание А15. Маркировка выводов трехфазной обмотки статора

Шесть выводов трехфазной обмотки статора не промаркированы.

1. Объясните, как определить выводы обмотки, принадлежащие одной фазе.
2. Изобразите принципиальную электрическую схему для определения выводов, принадлежащих одной фазе трехфазной обмотки.

Задание А16. *Определение начала и конца фазы трехфазной обмотки статора*

Два вывода каждой из трех фаз определены и обозначены 1-1, 2-2, 3-3.

1. Объясните, как определить, какой из двух выводов фазы (1-1) является началом (ИН), а какой – концом фазы (ИК).
2. Изобразите принципиальную электрическую схему для определения начала и конца каждой фазы.

Задание А17. *Маркировка выводов обмотки статора асинхронной машины*

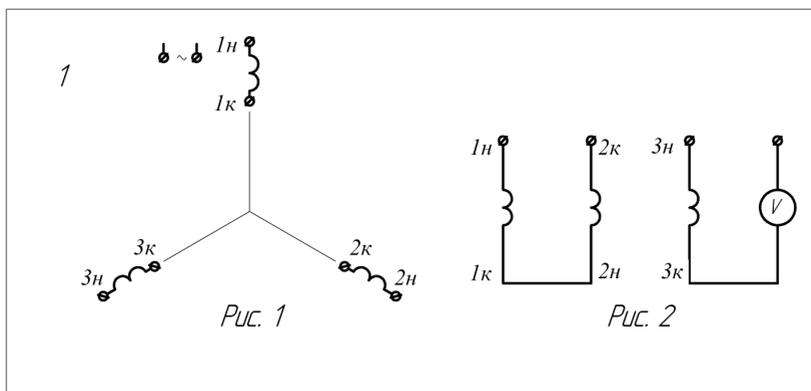
Вариант рисунка к заданию задает преподаватель.

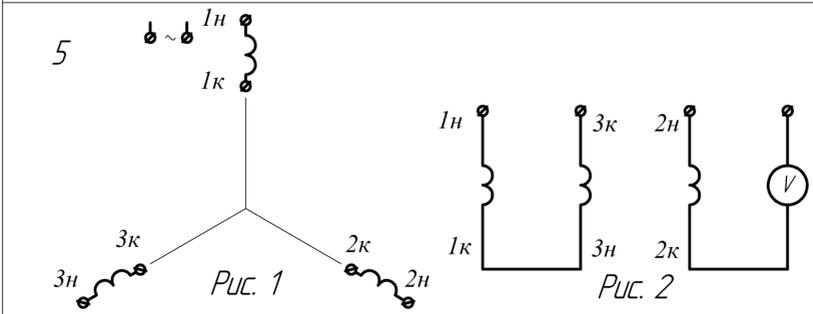
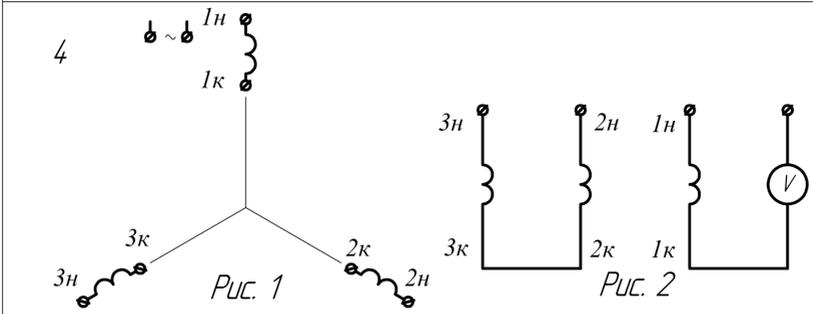
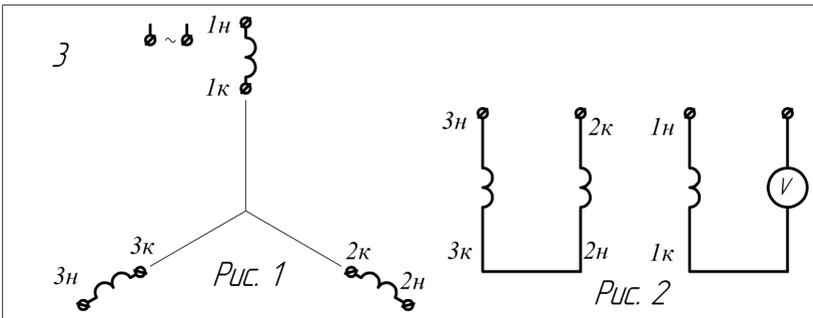
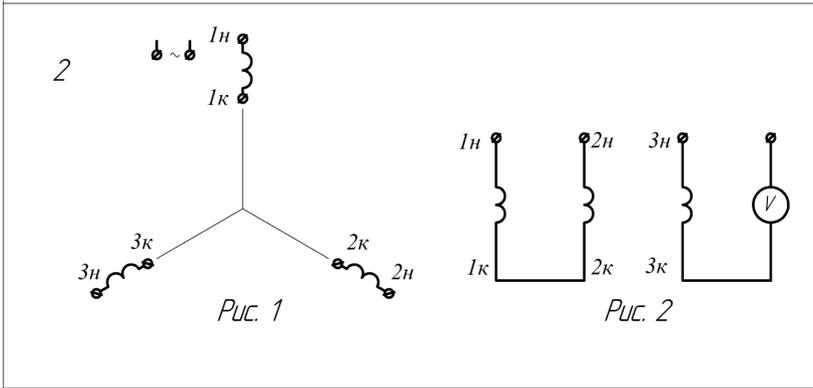
Две фазы трехфазной обмотки статора соединены, как показано на рис. 2.

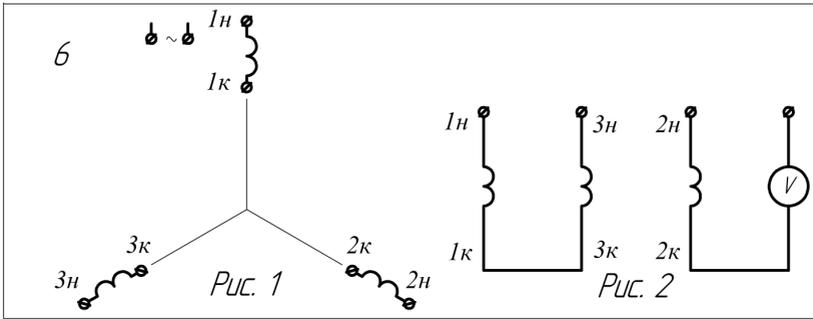
К зажимам третьей фазы присоединен вольтметр.

1. Соедините фазы обмотки статора на рис. 1, как они соединены на рис. 2, и проставьте направление токов в фазах.
2. Определите и покажите направление векторов потоков фаз, соединенных последовательно, и постройте вектор результирующего потока $\Phi_{рез}$.
3. Объясните, почему в фазе, присоединенной к вольтметру, наводится или не наводится ЭДС.

Варианты рисунков к заданию А17







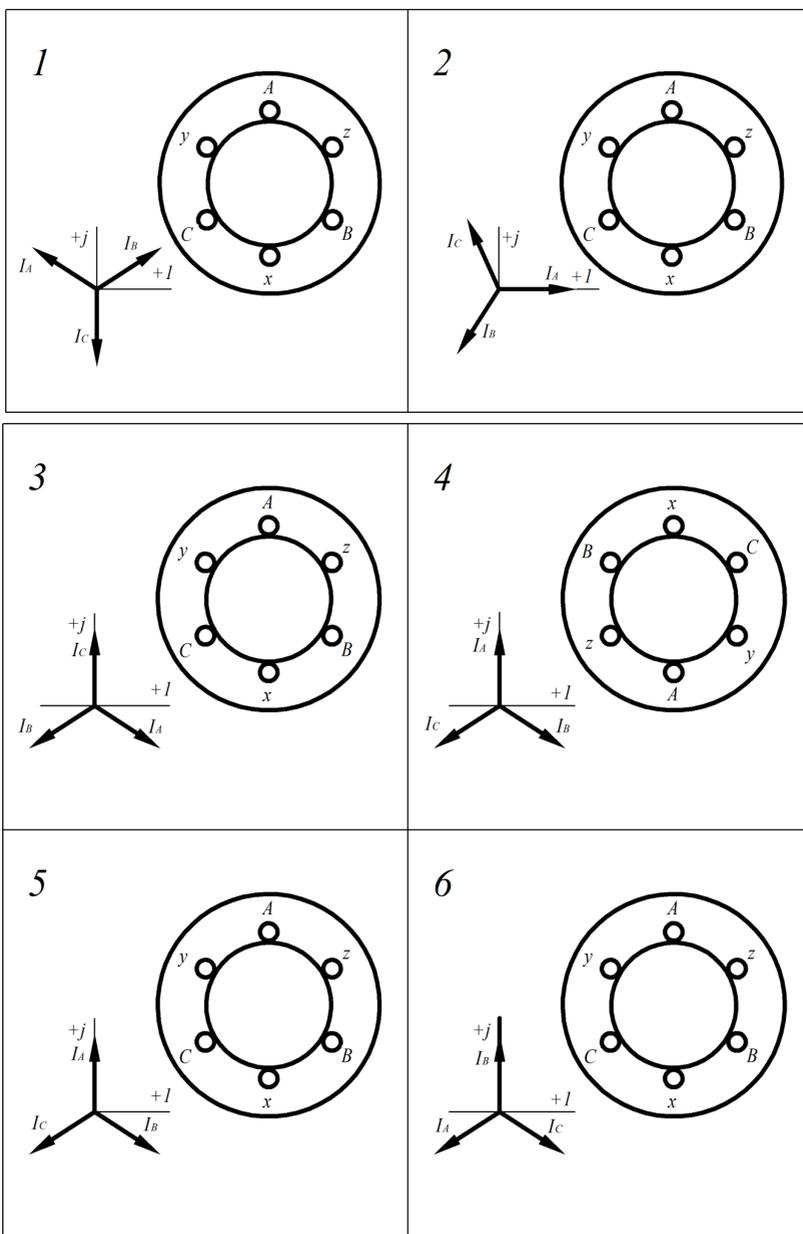
Задание А18. Вращающееся магнитное поле ($2p = 2$)

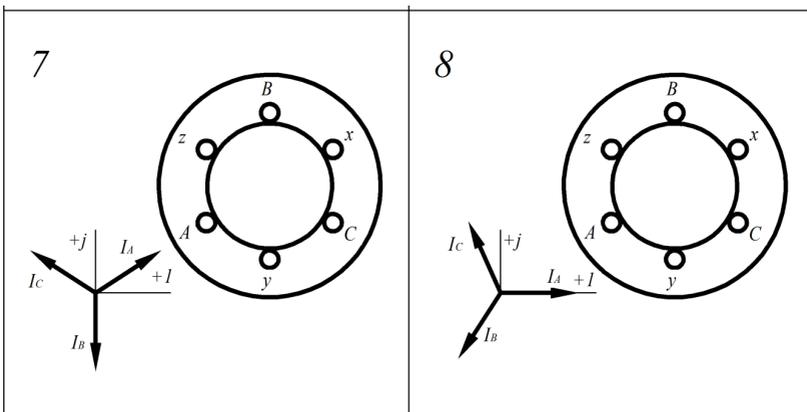
На рисунке изображена простейшая трехфазная обмотка статора.

На комплексной плоскости представлена векторная диаграмма токов статора для момента времени $t = t_1 = 0$ ($\omega t_1 = 0$).

1. Определите, пользуясь векторной диаграммой, знак мгновенного значения каждого тока и проставьте направление токов в проводниках.
2. Изобразите магнитные линии поля статора и покажите стрелками направление поля.
3. Обозначьте полюсы поля буквами N_c и S_c .
4. Изобразите на комплексной плоскости векторную диаграмму токов при повороте векторов на угол $\omega t_2 = \pi/2$ и выполните задания (п. 1, 2, 3).
5. Определите, пользуясь картинками поля статора для $\omega t_1 = 0$ и $\omega t_2 = \pi/2$, направление вращения поля.
6. Напишите формулу для определения частоты вращения n_1 магнитного поля статора.
7. Объясните, каким образом можно изменить направление вращения поля. Ответ сопроводите двумя рисунками, показывающими, что направление вращения поля изменилось на обратное.

Варианты рисунков к заданию А18



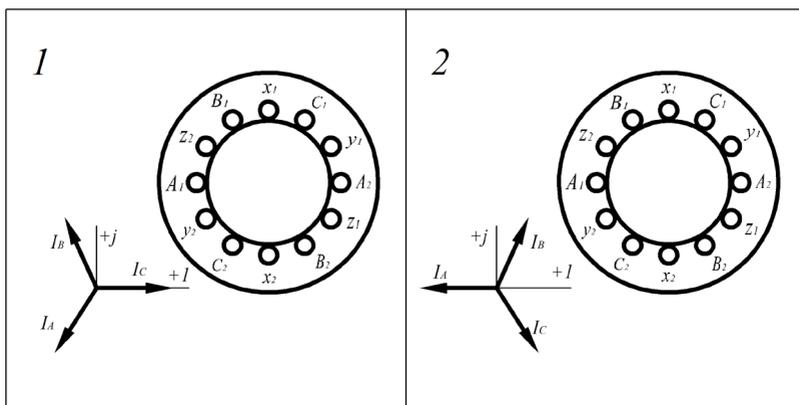


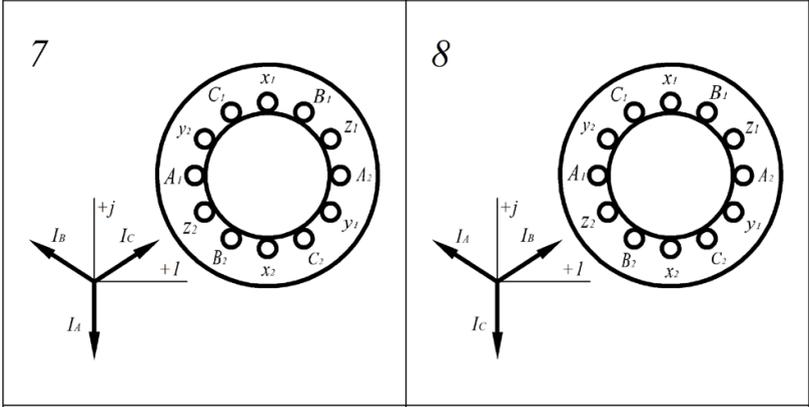
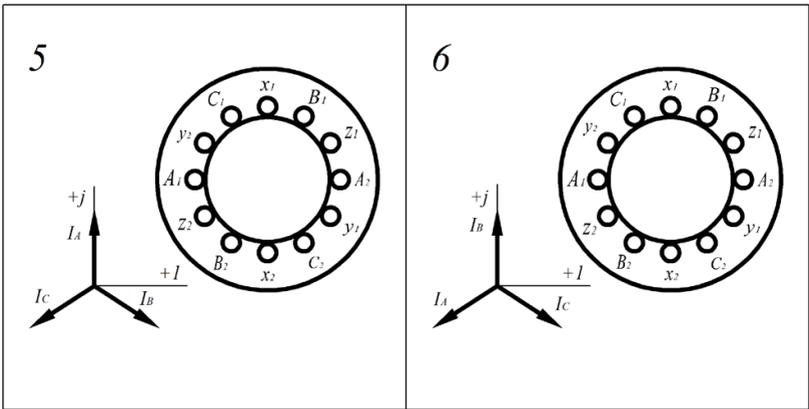
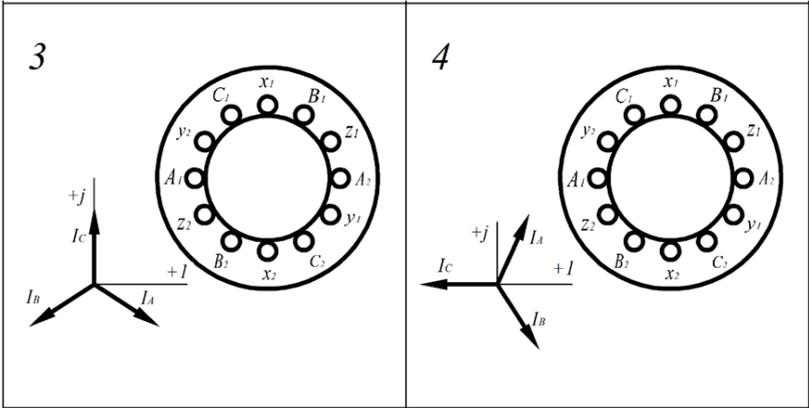
Задание А19. Вращающееся магнитное поле ($2p = 4$)

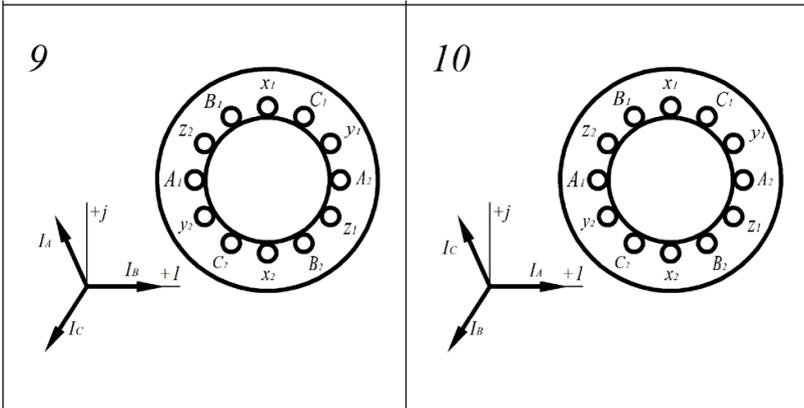
На рисунке изображена простейшая трехфазная обмотка статора асинхронной машины, у которой $2p = 4$.

1. Обозначьте начала и концы фаз обмотки статора.
2. Определите, пользуясь векторной диаграммой, знак мгновенного значения каждого тока и проставьте направление токов в проводниках.
3. Изобразите магнитные линии поля статора.
4. Определите и покажите стрелками направление поля.
5. Обозначьте полюсы магнитного поля буквами N_c и S_c .
6. Напишите формулу для определения частоты вращения n_1 магнитного поля статора.

Варианты к заданию А19





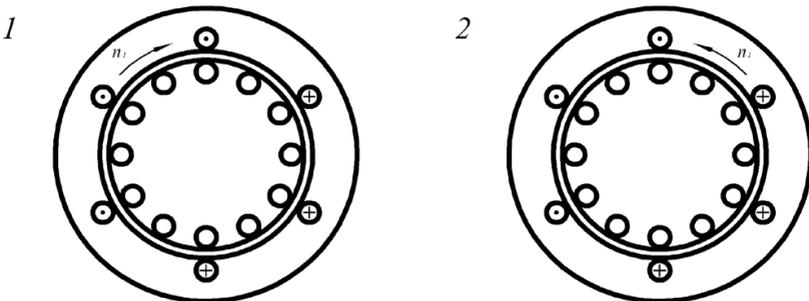


Задание А20. ЭДС в обмотке ротора асинхронного двигателя

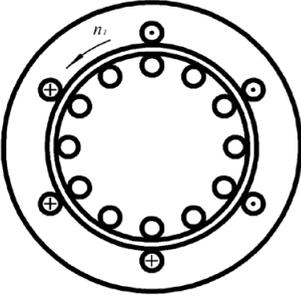
На рисунке показаны направление токов в проводниках обмотки статора и направление вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя.

1. Изобразите линии магнитного поля статора и покажите стрелками направление поля.
2. Определите полярность полюсов магнитного поля статора и обозначьте полюсы буквами N_C и S_C .
3. Определите и обозначьте направление ЭДС E_2 в проводниках ротора в момент пуска двигателя ($n = 0$) и укажите на роторе проводники, в которых ЭДС $e_2 = E_{2m}$ и $e_2 = 0$.

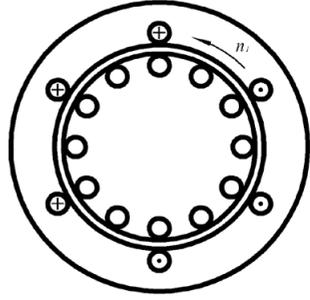
Варианты рисунков к заданию А20



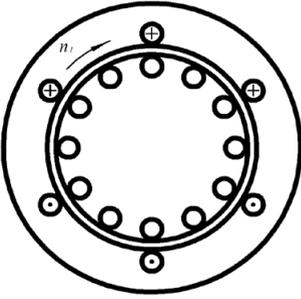
3



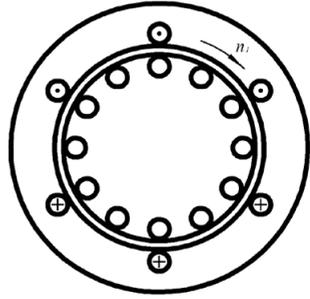
4



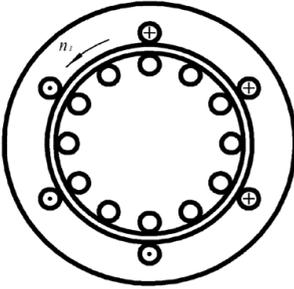
5



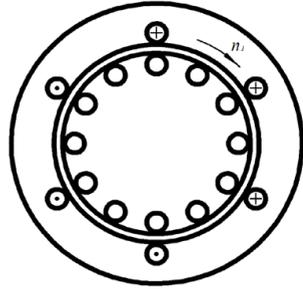
6



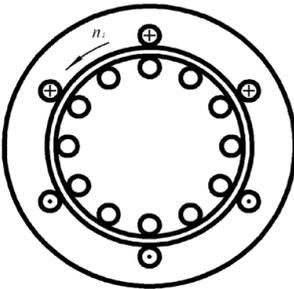
7



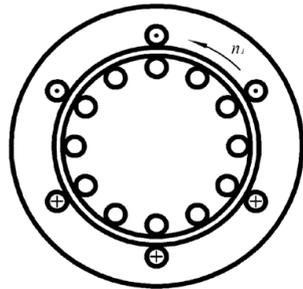
8



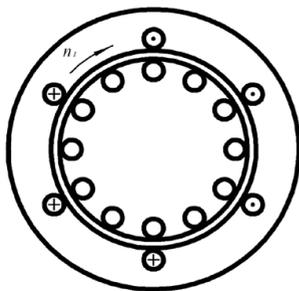
9



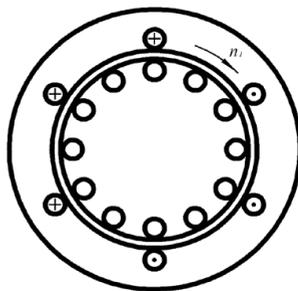
10



11



12



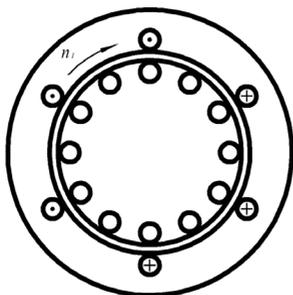
Задание А21. Электромагнитные силы F и момент M асинхронного двигателя

Направление тока в проводниках обмотки статора и направление вращения магнитного поля статора показаны на рисунке.

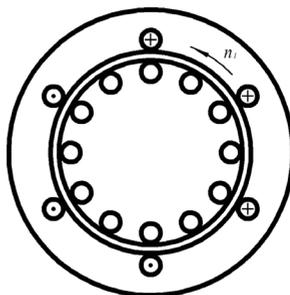
1. Определите полярность полюсов магнитного поля статора и обозначьте полюсы буквами N_C и S_C .
2. Определите и обозначьте направление ЭДС E_2 и активной составляющей тока I_{2a} в проводниках ротора.
3. Определите и обозначьте на рисунке направление электромагнитных сил F и момента M асинхронного двигателя.

Варианты рисунков к заданию А21

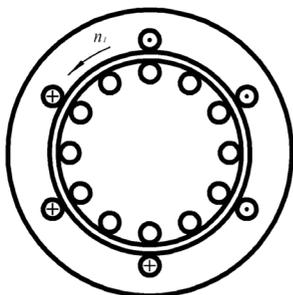
1



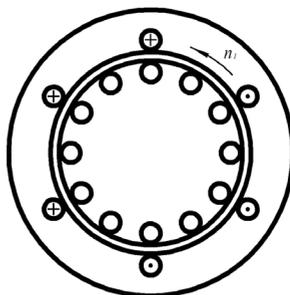
2

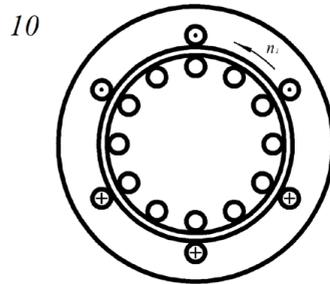
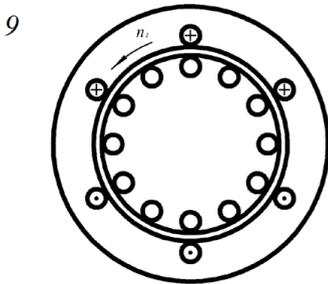
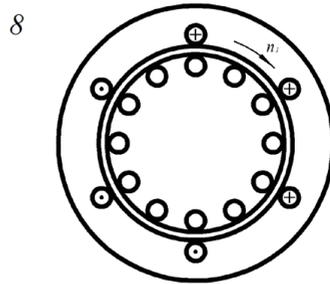
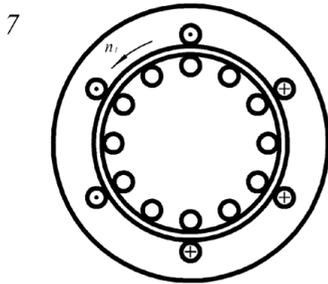
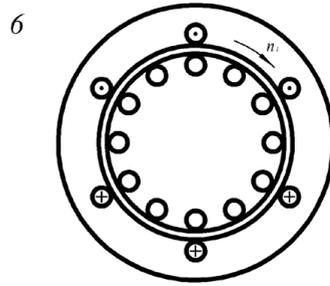
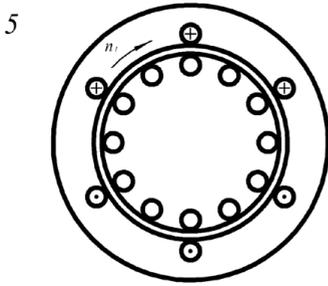


3



4





Задание А22

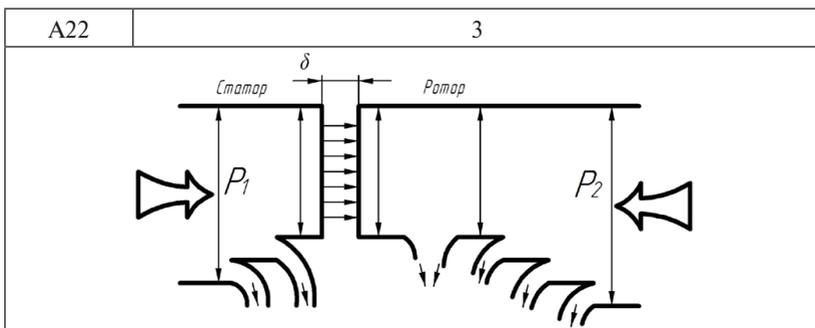
На опросных картах А22.1...А22.3 изображены энергетические диаграммы асинхронной машины.

1. Определите, какому режиму работы соответствует каждая энергетическая диаграмма.
2. Укажите на диаграммах, каким отрезком определяются электромагнитная мощность $P_{\text{ЭМ}}$ и механическая мощность $P_{\text{МХ}}$.
3. Отметьте рядом со стрелками соответствующие виды потерь мощности.

4. Что такое полезная и потребляемая мощности асинхронной машины в режиме двигателя и генератора?
5. В каком режиме работы асинхронной машины потребляемая мощность – электрическая, а полезная – механическая и в каком режиме потребляемая – механическая, а полезная – электрическая?
6. Имеет ли смысл говорить о полезной мощности, если асинхронная машина работает в режиме противовключения? На что расходуется потребляемая мощность в этом режиме? Какой по характеру (электрической или механической) является потребляемая мощность в режиме противовключения?
7. Поясните причину возникновения каждого вида потерь. Как можно уменьшить величину этих потерь?
8. Что такое КПД асинхронной машины в режиме двигателя и генератора? Можно ли говорить о КПД асинхронной машины в режиме противовключения?

Варианты рисунков к заданию А22

А22	1	
А22	2	



Задание A23

1. Нарисуйте график механической характеристики $M = f(S)$ асинхронной машины. Укажите участки характеристики, соответствующие двигательному, генераторному и тормозному режиму.
2. Запишите формулу для электромагнитного момента асинхронного двигателя. От каких параметров машины и сети и каким образом зависит электромагнитный момент?
3. Для асинхронного двигателя нарисуйте графики механической характеристики $M = f(n)$, $n = f(M)$. На характеристиках укажите пусковой, максимальный и номинальные моменты; скольжение номинальное, критическое скольжение двигателя при пуске.
4. Укажите диапазон значений номинального и критического скольжений.
5. Что такое перегрузочная способность асинхронного двигателя? Как можно определить перегрузочную способность двигателя по его механической характеристике?
6. Что такое кратность пускового момента?
7. От каких параметров машины и сети и каким образом зависят максимальный и пусковой моменты?
8. Запишите формулу для критического скольжения асинхронного двигателя. Каким образом можно увеличить или уменьшить критическое скольжение?
9. Объясните, почему с увеличением скольжения от $S = 0$ до $S = 1$ электромагнитный момент сначала увеличивается, а затем монотонно уменьшается?
10. Почему при $S \rightarrow \pm\infty$ электромагнитный момент $M \rightarrow 0$?

Задание А24

1. На рис. 24.1 приведена Т-образная схема замещения асинхронного двигателя. Нарисуйте качественно векторную диаграмму напряжений и токов асинхронного двигателя для трех вариантов расположения векторов основных величин (рис. 24.2...24.4). Порядок построения пояснить.
2. Постройте векторные диаграммы для асинхронной машины, работающей в режимах генератора и электромагнитного тормоза. Укажите основное отличие векторной диаграммы для режима двигателя от векторной диаграммы для режима электромагнитного тормоза.
3. Постройте качественно векторную диаграмму асинхронного двигателя для случая, когда $\psi_2 \approx 20...30^\circ$ (ψ_2 – угол между ЭДС и током ротора). На этом же чертеже постройте еще 3 или 4 векторных диаграммы при условии, что скольжение двигателя S для каждого последующего случая больше предыдущего ($S = S_n...1,0$). По полученным векторным диаграммам сделайте вывод об изменении активной составляющей тока ротора и угла φ – угла между напряжением сети и током обмотки статора.
4. Почему вектор тока холостого хода асинхронного двигателя опережает по фазе вектор магнитного потока? Чем определяется величина угла между вектором тока холостого хода и вектором магнитного потока?
5. Как будет выглядеть векторная диаграмма асинхронной машины, если $S \rightarrow \pm\infty$? Поясните, почему в этом случае электромагнитный момент $M \rightarrow 0$.

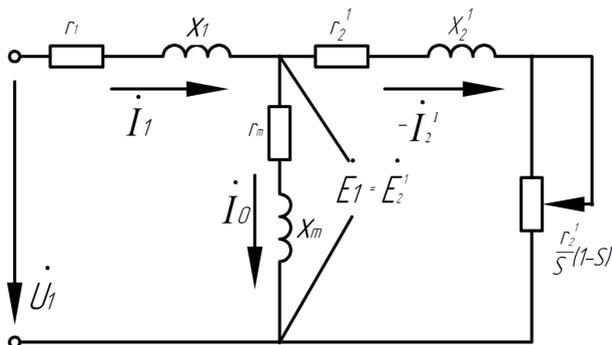


Рис. 24.1

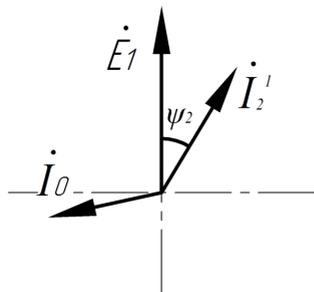


Рис. 24.2

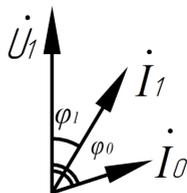


Рис. 24.3

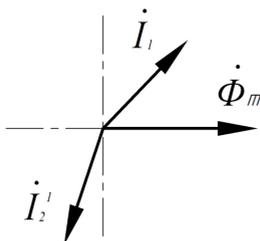


Рис. 24.4

Задание А25

1. Какие способы пуска асинхронного двигателя в ход вы знаете? Укажите достоинства, недостатки и область применения прямого пуска. Нарисуйте графики изменения тока обмотки статора двигателя и частоты вращения ротора при прямом пуске. Объясните повышение тока асинхронного двигателя в момент пуска ($S = 1,0$) и его снижение по мере увеличения частоты вращения ротора ($S \rightarrow S_H$).
2. Укажите способы пуска асинхронного двигателя при наличии сети ограниченной мощности. Нарисуйте электрические схемы пуска при наличии токоограничивающего автотрансформатора и реакторов. Отметьте преимущества и недостатки каждого способа. Как происходит пуск двигателя, если токоограничивающим элементом является реактор или автотрансформатор?
3. Опишите процесс пуска асинхронного двигателя переключением соединения обмотки статора с треугольника в звезду. Как изменяются пусковой ток и момент при переключении схемы соединения обмотки статора с треугольника в звезду?

4. Нарисуйте электрическую схему пуска асинхронного двигателя с фазным ротором включением в каждую фазу ротора активно-го сопротивления с возможностью его дискретного изменения. Нарисуйте механические характеристики при данном способе пуска. Выделите траекторию изменения момента асинхронного двигателя при уменьшении скольжения S и I до $S = S_H$. Почему при введении активного сопротивления в цепь ротора и уменьшении тока ротора и статора электромагнитный момент двигателя при пуске увеличивается? Укажите преимущества и недостатки этого способа пуска.
5. На рис. 25 изображена схема асинхронного двигателя с фазным ротором и пусковым реостатом с контактами подключения $K1...K5$. Укажите последовательность замыкания и размыкания контактов $K1...K5$ пускового реостата при увеличении скорости двигателя от нуля до установившейся. Постройте семейство механических характеристик асинхронного двигателя, соответствующих каждому положению замкнутых контактов. Укажите с помощью этих характеристик траекторию изменения частоты вращения и момента при пуске двигателя.

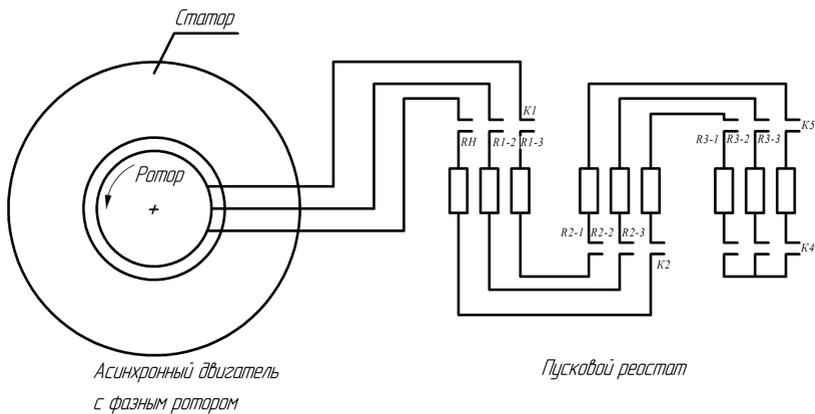


Рис. 25

Задание А26

1. Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя (не менее четырех).
2. Как можно регулировать частоту вращения асинхронного двигателя изменением частоты питающей сети? Запишите математическое выражение закона Костенко. Нарисуйте механические характеристики асинхронного двигателя при $f_1 = f_{1H}$ и $f_1 = 0,8f_{1H}$, $f_1 = 0,5f_{1H}$, $f_1 = 1,5f_{1H}$ при условии постоянства электромагнитного момента на валу двигателя ($M = \text{const}$).
3. Как можно регулировать частоту вращения асинхронного двигателя изменением числа пар полюсов обмотки статора? Физический смысл способа регулирования поясните на примере двухслойной обмотки трехфазного асинхронного двигателя с $2p = 4$ и $a = 1$. Что такое многоскоростной асинхронный двигатель? Нарисуйте схемы соединения обмотки статора с переключением числа пар полюсов в отношении 2:1 при постоянном моменте и постоянной мощности. Для указанных случаев переключения числа пар полюсов нарисуйте механические характеристики.
4. На рис. 26.1 изображены четыре катушечные группы фазы двухслойной трехфазной обмотки; на рис. 26.2 и 26.3 – расположение катушечных сторон в пазах статора асинхронной машины. Соедините катушечные группы между собой так, чтобы число пар полюсов асинхронной машины было 4 ($2p = 4$) (рис. 26.2). Покажите направление тока в проводниках обмотки для любого произвольного момента времени t . Постройте картину силовых линий магнитного поля. Соедините катушечные группы так, чтобы число полюсов было 2 ($2p = 2$). На рис. 26.3 покажите направление тока в проводниках для выбранного момента времени t и постройте картину силовых линий магнитного поля. Для рис. 26.2 и 26.3 укажите отрезки окружности статора машины, равные полюсной дуге τ .

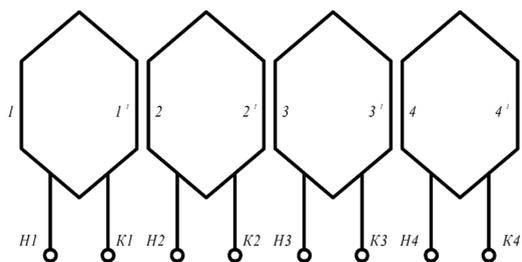


Рис. 26.1

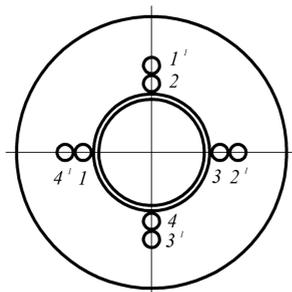


Рис. 26.2

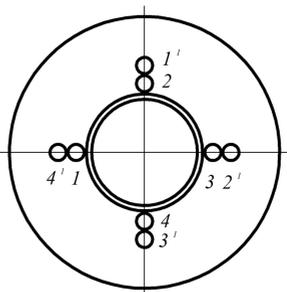


Рис. 26.3

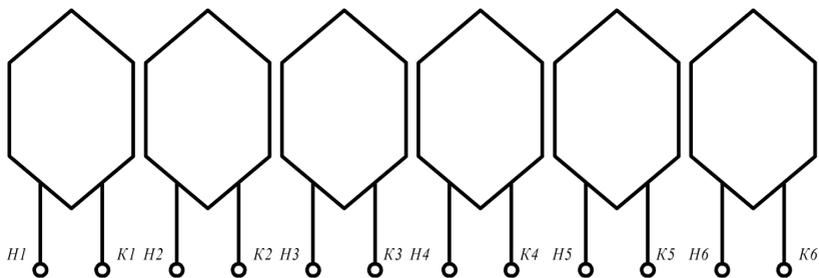


Рис. 26.4

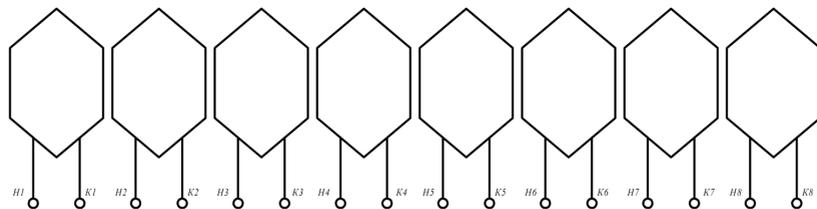


Рис. 26.5

На рис. 26.4 и 26.5 изображены катушечные группы фазы двух-слойной трехфазной обмотки. Соедините катушечные группы между собой таким образом, чтобы число полюсов асинхронной машины было максимальным, а число параллельных ветвей $a = 1$. Измените схему соединения катушечных групп так, чтобы число полюсов уменьшилось вдвое. Повторите аналогичные построения для случая $a = 2$.

5. Каким образом можно регулировать частоту вращения асинхронного двигателя изменением скольжения? Нарисуйте механические характеристики при изменении напряжения питающей сети и активного сопротивления ротора и сделайте вывод о возможности изменения частоты вращения ротора. Укажите преимущества и недостатки этого регулирования частоты вращения.

Задание А27

1. Изобразите силовые линии магнитного поля токов статора для момента времени $t = t_1$. Векторные диаграммы фазных токов обмотки статора и направление вращения векторных диаграмм показаны на опросных картах А27.1...А27.3.
2. Определите направление вращения магнитного поля статора.
3. Определите в проводниках обмотки ротора направление ЭДС и активной составляющей тока, если асинхронная машина работает в следующих режимах:
 - 3.1. двигателя;
 - 3.2. генератора;
 - 3.3. электромагнитного тормоза.
4. Укажите направление вращения ротора и электромагнитного тормоза.
5. Укажите диапазон возможных значений скольжений асинхронной машины в заданных режимах работы.

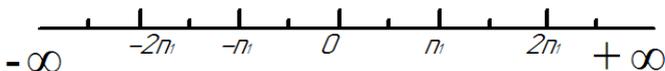
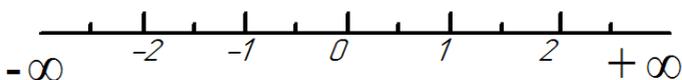
Примечание. Варианты 3.1, 3.2, 3.3 выполняются по указанию преподавателя.

Варианты рисунков к заданию А27

А27	1
<p style="text-align: center;">$t=t_1$</p>	
А27	2
<p style="text-align: center;">$t=t_1$</p>	
А27	3

Задание A28

1. Напишите формулу для определения скольжения S . Объясните значение параметров, входящих в формулу скольжения.
2. Укажите диапазон изменения скольжения, если асинхронная машина работает в одном из режимов: двигателя, генератора, тормоза.
3. Отметьте на шкалах частоты вращения ротора и скольжения области значений n и S , при которых асинхронная машина работает в двигательном, генераторном и тормозном режимах.



4. Напишите формулу для частоты вращения магнитного поля, созданного токами обмотки статора асинхронной машины. Определите частоту вращения магнитного поля статора трехфазной асинхронной машины, если частота тока питающей сети $f_1 = 50$ Гц, а число полюсов $2p = 2$ (4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20).

Задание A29. Принцип действия асинхронного двигателя

1. Опишите принцип действия асинхронного двигателя. Объясните, преобразователем какого вида энергии в какую является двигатель, на использовании какого явления основана работа двигателя, каким образом создаются в машине условия для реализации используемого явления, как происходит процесс преобразования энергии.
2. Что называют скольжением асинхронной машины?
3. Чему равно скольжение двигателя при пуске ($n = 0$) и в режиме идеального холостого хода ($n = n_1$)?

Задание А30. Режим генератора асинхронной машины

1. При каком условии возможен переход асинхронного двигателя в режим генератора?
2. Каков диапазон скольжений в режиме генератора?

Задание А31. Режим электромагнитного тормоза асинхронной машины

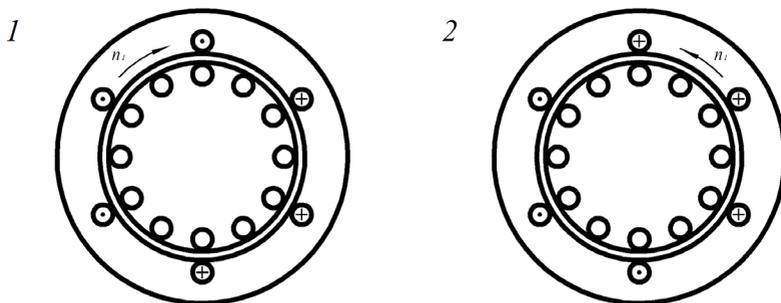
1. При каком условии возможен переход асинхронного двигателя в режим электромагнитного тормоза?
2. Каков диапазон скольжений в режиме электромагнитного тормоза?

Задание А32. Электромагнитные силы F и момент M асинхронного двигателя

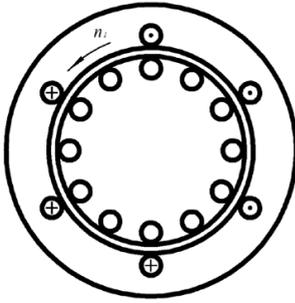
Трехфазный асинхронный генератор подключен к трехфазной сети. Направление тока в проводниках статора и направление вращения магнитного поля статора показаны на рисунке.

1. Объясните, как перевести асинхронную машину, работающую в режиме двигателя, в режим генератора.
2. Определите и обозначьте направление ЭДС E_2 и активной составляющей тока I_{2a} в проводниках ротора в режиме генератора.
3. Определите и обозначьте на рисунке направление электромагнитных сил F и момента M асинхронного генератора.

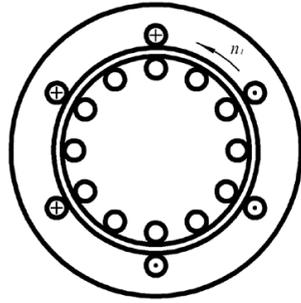
Варианты рисунков к заданию А32



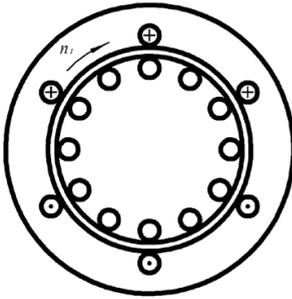
3



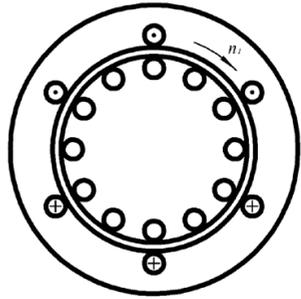
4



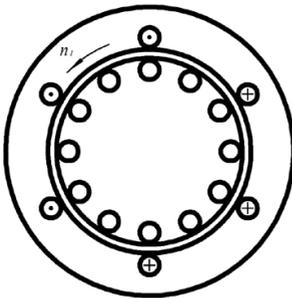
5



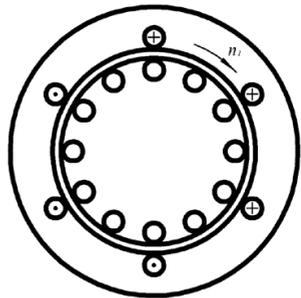
6



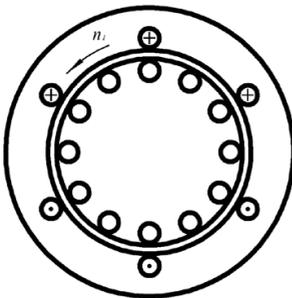
7



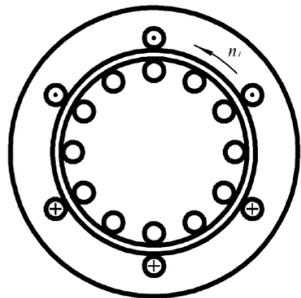
8



9



10

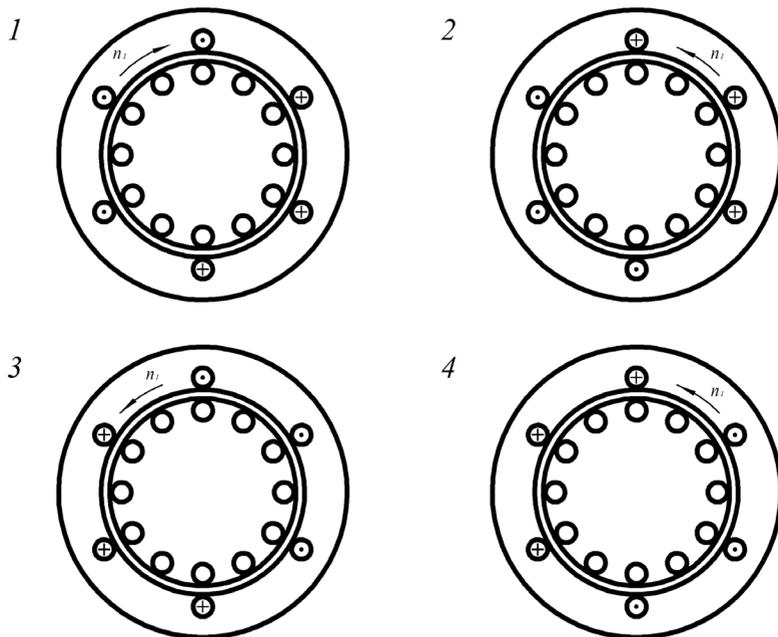


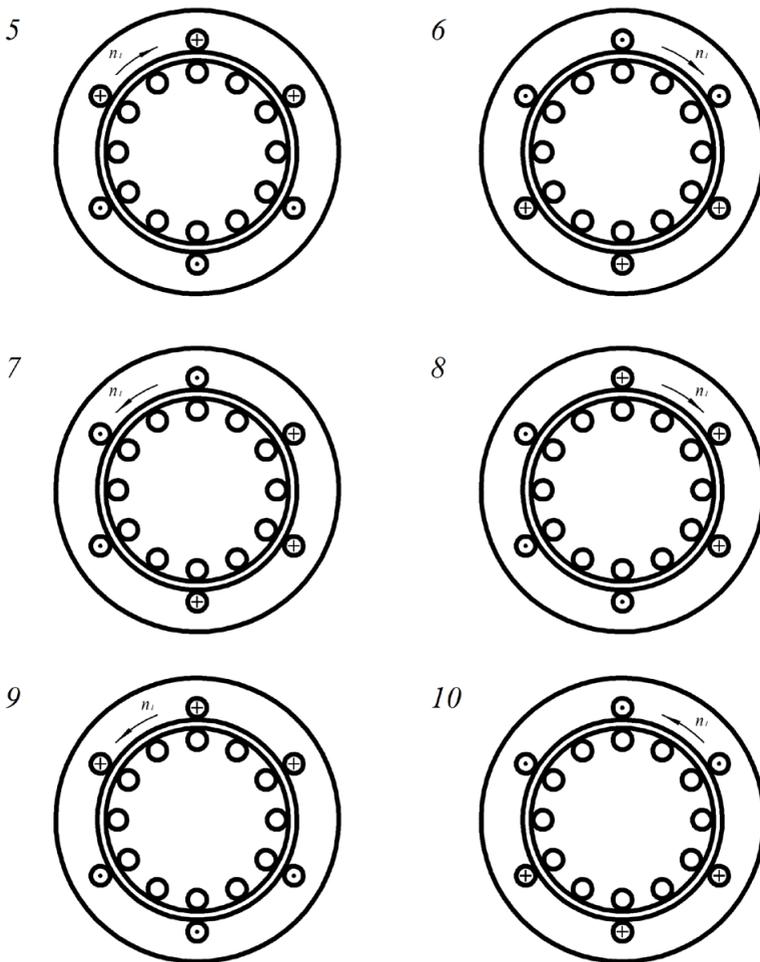
Задание А33. *Электромагнитные силы F и момент M асинхронной машины в режиме электромагнитного тормоза*

Трехфазный асинхронный двигатель подключен к трехфазной сети. Направление тока в проводниках статора и направление вращения магнитного поля статора показаны на рисунке.

1. Объясните, как перевести асинхронную машину, работающую в режиме двигателя, в режим электромагнитного тормоза.
2. Определите и обозначьте направление ЭДС E_2 и активной составляющей тока I_{2a} в проводниках ротора в режиме электромагнитного тормоза.
3. Определите и обозначьте на рисунке направление электромагнитных сил F и момента M .

Варианты рисунков к заданию А33





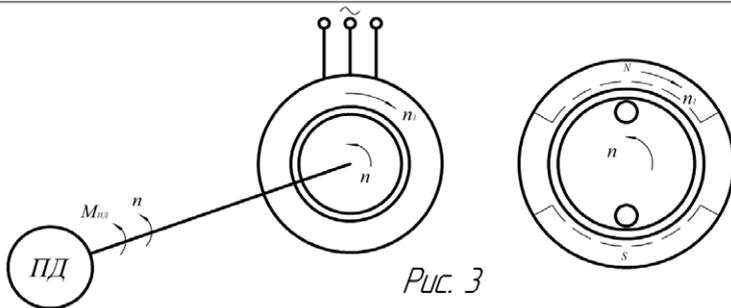
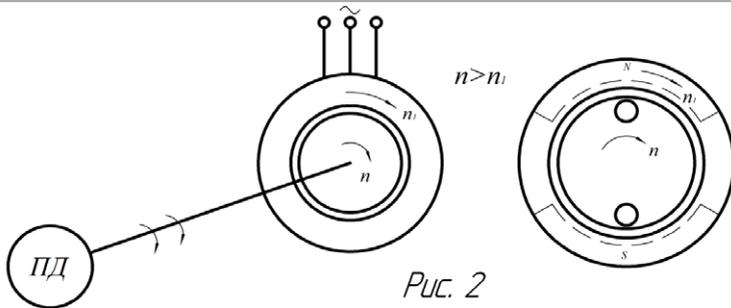
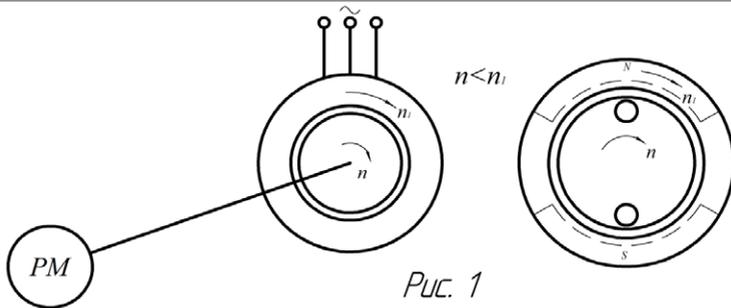
Задание А34. Режимы работы асинхронной машины

На рис. 1, 2, 3 изображена асинхронная машина, вал которой соединен с валом рабочей машины (РМ) или с валом первичного двигателя (ПД).

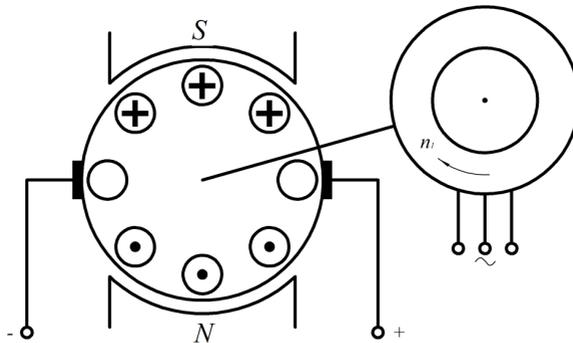
Обмотка статора подключена к трехфазной сети. Магнитное поле статора вращается с частотой вращения n_1 .

1. Определите частоту вращения $n_{отн}$ проводников ротора относительно поля статора и покажите направление их движения относительно поля.

2. Определите и покажите направление ЭДС E_2 и активной составляющей тока I_{2a} в проводниках.
3. Сравните на трех рисунках направление активных составляющих тока ротора I_{2a} и сделайте вывод о направлении передачи электрической энергии.
4. Покажите на каждом рисунке стрелкой направление передачи электрической $W_{\text{Э}}$ и механической $W_{\text{М}}$ энергии и назовите режим асинхронной машины.



Задание А35. Совместная работа асинхронной машины и машины постоянного тока



Вал асинхронной машины соединен с валом машины постоянного тока.

Направление тока в обмотке якоря машины постоянного тока показано на рисунке.

Магнитное поле статора асинхронной машины вращается с частотой вращения n_1 .

Якорь машины постоянного тока вращается с частотой вращения $n > n_1$.

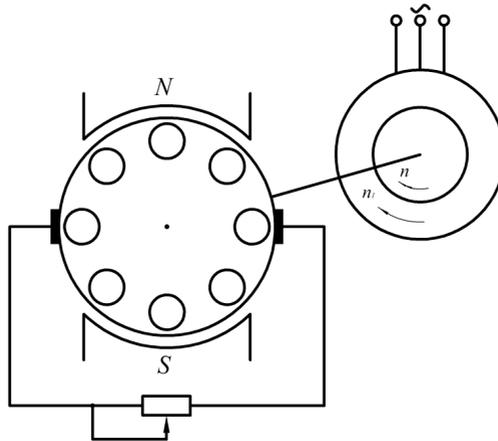
1. Определите и покажите направление вращения якоря машины постоянного тока.
2. Определите и покажите направление вращения ротора асинхронной машины.
3. Покажите направление передачи механической мощности между машинами.

Задание А36. Совместная работа асинхронной машины и машины постоянного тока

Вал асинхронной машины соединен с валом машины постоянного тока. Направление вращения магнитного поля статора и ротора показано на рисунке ($n < n_1$).

1. В каком режиме работает асинхронная машина?
2. Определите и покажите направление электромагнитного момента асинхронной машины.

3. Определите и покажите направление электромагнитного момента машины постоянного тока.
4. В каком режиме работает машина постоянного тока и какова ее роль по отношению к асинхронной машине?
5. Покажите направление передачи механической мощности между машинами.



Задание А37. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя

1. Объясните преобразование энергии в асинхронной машине в режиме двигателя и назовите виды энергии.
2. Изобразите энергетическую диаграмму асинхронного двигателя и обозначьте потери энергии на энергетической диаграмме.
3. Напишите выражение для определения КПД двигателя.

Задание А38. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя

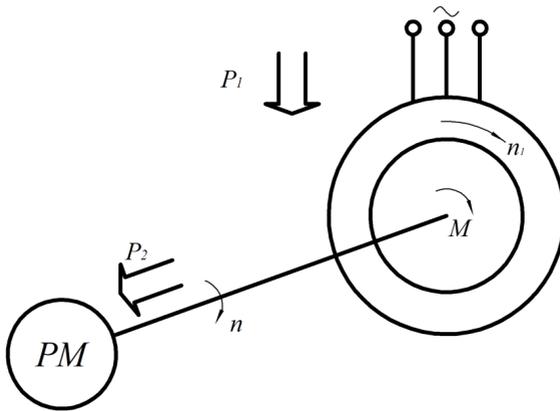
1. Объясните преобразование энергии в асинхронной машине в режиме генератора и назовите виды энергии.
2. Изобразите энергетическую диаграмму асинхронного генератора.
3. Назовите все виды потерь асинхронного генератора и обозначьте их на энергетической диаграмме.
4. Напишите выражения для определения КПД генератора.

Задание А39. Энергетическая диаграмма асинхронной машины в режиме электромагнитного тормоза

1. Объясните преобразование энергии в асинхронной машине в режиме электромагнитного тормоза и назовите виды энергии.

- Изобразите энергетическую диаграмму асинхронной машины в режиме электромагнитного тормоза.
- Назовите все виды потерь энергии в режиме электромагнитного тормоза и обозначьте их на энергетической диаграмме.
- Чему равен КПД асинхронной машины в режиме электромагнитного тормоза?

Задание А40. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя (АД)



Обмотка статора АД подключена к трехфазной сети.

Вал АД соединен с валом рабочего механизма (РМ). Поле статора АД вращается с частотой n_1 , ротор – с частотой n ; P_1 – мощность, потребляемая АД из питающей сети; $P_{э1}$ – электрические потери в обмотке статора; $P_{с1}$ – магнитные потери в сердечнике статора.

Магнитными потерями $P_{с2}$ в сердечнике ротора, механическими $P_{мех}$ и добавочными $P_{доб}$ потерями можно пренебречь ($P_{с2} + P_{мех} + P_{доб} = 0$).

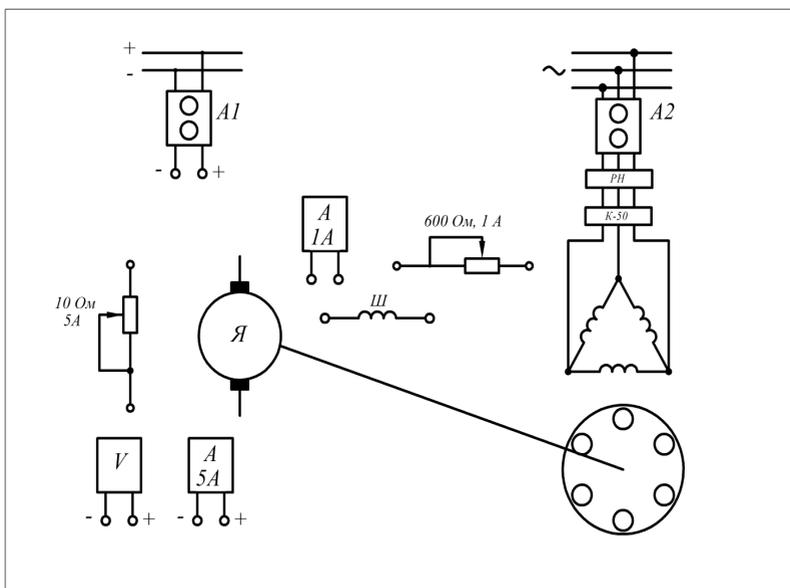
- Изобразите энергетическую диаграмму АД и обозначьте на ней мощности и потери.
- Определите электромагнитную мощность $P_{эм}$ АД.
- Определите полезную механическую мощность P_2 на валу АД.
- Определите электрические потери $P_{э2}$ в цепи ротора.
- Определите момент $M_{эм}$ АД.

Варианты к заданию А40

№ варианта	1	2	3	4	5	6
P_1 , Вт	6500	6000	5500	5000	4500	4000
n_1 , об/мин	3000	3000	1500	1500	1000	1000
n , об/мин	2970	2940	1435	1420	990	980
$(P_{э1} + P_{с1})$, Вт	500	500	400	400	300	300

Задание А41. Режим двигателя асинхронной машины

На рисунке, имитирующем лабораторный стенд, изображены источники питания, регулятор напряжения РН, реостаты, приборы, машина постоянного тока и асинхронная машина с короткозамкнутым ротором.

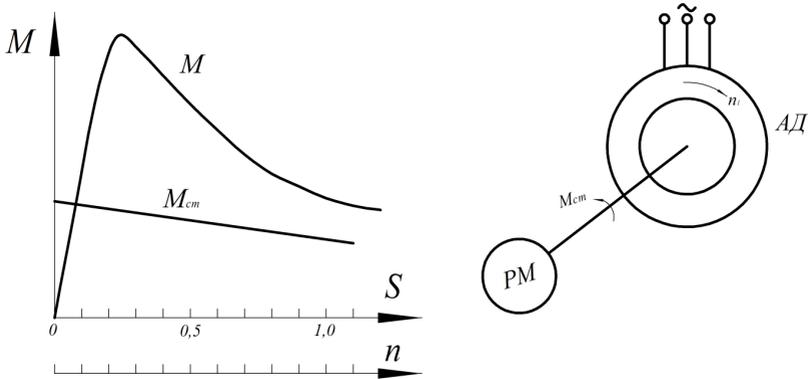


1. В каком режиме должна работать машина постоянного тока, чтобы она выполняла роль нагрузки асинхронного двигателя (АД)?
2. Соедините линиями, имитирующими проводники, необходимые приборы и устройства так, чтобы получилась электрическая схема машины постоянного тока, которая выполняет роль нагрузки асинхронного двигателя.

3. Как реализовать пуск асинхронного двигателя без нагрузки?
4. Каким образом машиной постоянного тока можно нагрузить асинхронный двигатель?

Задание А42. *Прямой пуск АД с короткозамкнутым ротором под нагрузкой*

На рисунке изображены АД, рабочий механизм РМ и их характеристики $M = f(S)$ и $M_{CT} = f(n)$.



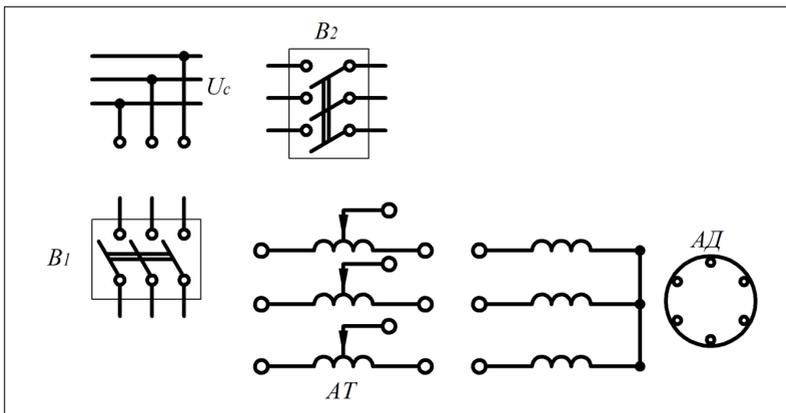
1. Разметьте шкалу частоты вращения ротора n (укажите точки на оси, в которых $n = 0$ и $n = n_1$).
2. Назовите условие, при выполнении которого двигатель сможет запуститься.
3. Покажите на графике $M = f(S)$ точку, которая соответствует началу процесса пуска двигателя.
4. Расскажите, как протекает процесс пуска и при каких условиях заканчивается.
5. Чем определяется ускорение ротора при разгоне двигателя?
6. Назовите достоинства и недостатки прямого пуска двигателя.

Задание А43. *Реакторный пуск*

1. С какой целью при пуске двигателя в цепь статора включают реактор?
2. Изобразите электрическую схему пуска двигателя с реактором в цепи якоря.
3. Назовите достоинства и недостатки этого способа пуска.

Задание А44. *Автотрансформаторный пуск АД*

На рисунке изображены источник питания, выключатели B_1 и B_2 , автотрансформатор АТ, обмотка статора АД с короткозамкнутым ротором.



1. Соедините линиями изображенные элементы схемы так, чтобы получилась электрическая схема автотрансформаторного пуска АД.
2. Объясните порядок пуска двигателя.
3. Назовите достоинства и недостатки автотрансформаторного пуска АД.

Задание А45. *Пуск АД переключением «звезда – треугольник»*

На рис. 45.1 изображены схемы соединения фаз обмотки статора асинхронного двигателя «звездой» и «треугольником».

Обозначьте начала фаз буквами C_1, C_2, C_3 и концы – буквами C_4, C_5, C_6 .

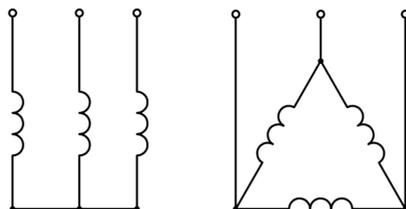


Рис. 45.1

На рис. 45.2 изображены источник питания, выключатели B_1 , B_2 , B_3 и фазы обмотки статора C .

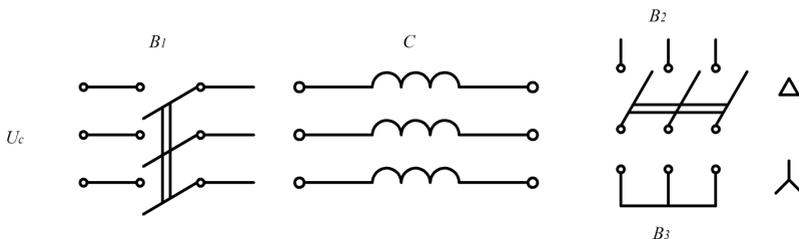


Рис. 45.2

1. Соедините линиями элементы схемы так, чтобы получилась электрическая схема статора асинхронного двигателя для пуска переключением «звезда – треугольник».
2. Обозначьте начала и концы фаз обмотки статора.
3. По какой схеме должны быть соединены фазы статора при пуске?
4. Во сколько раз отличаются пусковые и максимальные моменты двигателя при соединении фаз «звездой» и «треугольником»? Во сколько раз отличаются друг от друга пусковые токи I_{0Y} и I_{Δ} ?
5. Изобразите достоинства и недостатки пуска двигателя переключением «звезда – треугольник».

Задание А46. *Улучшение пусковых свойств АД с короткозамкнутым ротором путем использования глубоких пазов или двойной клетки на роторе*

У АД с фазным ротором для увеличения пускового момента в цепь ротора вводят добавочное активное сопротивление; у АД с короткозамкнутым ротором используют конструкцию ротора с глубоким пазом или двойной клеткой.

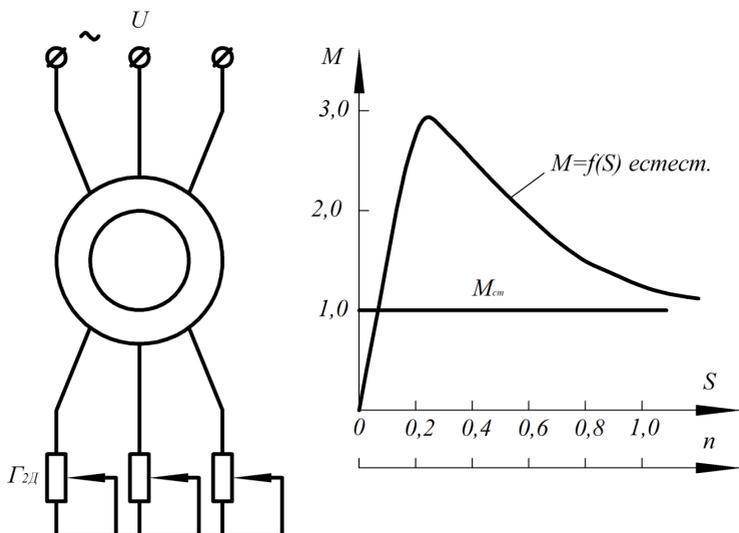
1. На использовании какого явления основано улучшение пусковых свойств АД с глубоким пазом или двойной клеткой и в чем суть этого явления?
2. Изобразите глубокий паз ротора со стержнем обмотки.
3. Изобразите магнитные линии пазового потока рассеяния $\Phi_{\sigma 2}$.

4. Объясните, почему при пуске АД, когда частота тока в роторе велика ($f_2 = f_1$), активное сопротивление стержня ротора больше, чем при рабочих частотах вращения.
5. Изобразите график распределения плотности тока в стержне при пуске.
6. Изобразите двухклеточный паз ротора и обозначьте на нем рабочую и пусковую клетки.
7. Из какого материала выполняют стержни пусковой и рабочей обмоток?
8. У какой обмотки поперечное сечение стержня меньше?
9. Изобразите магнитные линии пазового потока рассеяния двухклеточного ротора.
10. Объясните, почему при пуске увеличивается индуктивное сопротивление рабочей обмотки и как это влияет на величину пускового момента АД.
11. Как перераспределяются токи в клетках в рабочем режиме?

Задание А47. *Регулирование частоты вращения АД с помощью релактанта в цепи ротора*

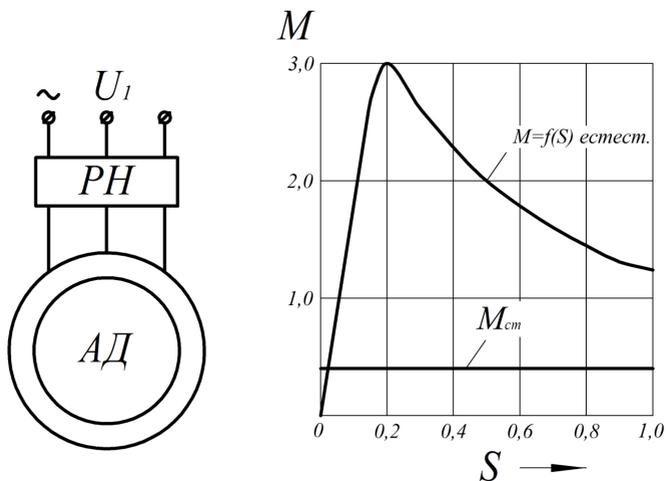
На рисунке изображены принципиальная электрическая схема регулирования и естественная характеристика АД $M = f(S)$.

1. Покажите на характеристике $M = f(S)$ максимальное скольжение S_m , максимальный M_{mb} и пусковой M_n моменты.
2. Проанализируйте формулы максимального скольжения, максимального и пускового моментов и выясните, как зависят эти величины от добавочного сопротивления в цепи ротора.
3. Постройте искусственные $M = f(S)$ характеристики при введении в цепь ротора добавочных сопротивлений $R_{2д}$ и $R_{2д}$ ($R_{2д} < R_{2д}$).
4. Разметьте шкалу n , укажите стрелкой ее положительное направление.
5. Отметьте на характеристике $M = f(S)$ точку, соответствующую установившемуся режиму при $M_{ср} = \text{const}$.
6. Назовите достоинства и недостатки данного способа регулирования частоты вращения двигателя.



Задание А48. Регулирование частоты вращения АД изменением напряжения

На рисунке изображены принципиальная электрическая схема регулирования частоты вращения n_1 АД изменением напряжения и характеристика $M = f(S)$ АД. Изменение напряжения производится с помощью регулятора напряжения РН.



1. Какие устройства могут быть использованы для регулирования напряжения статора АД?
2. Пригоден ли данный способ регулирования для АД с фазным ротором?
3. Обозначьте на графике зависимости $M = f(S)$ максимальное скольжение S_m , максимальный M_m и пусковой M_n моменты АД.
4. Проанализируйте формулы максимального скольжения S_m , максимального M_m и пускового M_n моментов и выясните, как зависят величины от напряжения U_1 .
5. Постройте искусственные характеристики $M = f(S)$, снятые при напряжениях $U_1 = 0,8 U_{1н}$; $U_1 = 0,6 U_{1н}$; $U_1 = 0,4 U_{1н}$.
6. Определите диапазон изменения скольжения при $M_{см} = \text{const}$.
7. Назовите достоинства и недостатки данного способа регулирования АД.

Задание А49. *Регулирование частоты вращения АД изменением частоты тока, напряжения источника питания*

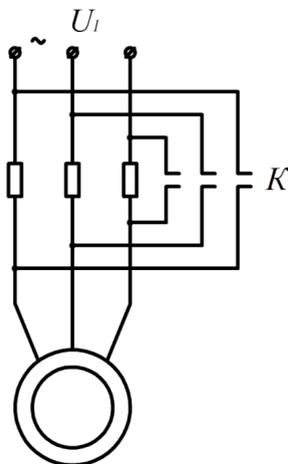
1. Для каких АД можно использовать регулирование частоты вращения ротора изменением частоты питающего напряжения?
2. Начертите принципиальную электрическую схему двигателя с частотным регулированием.
3. Какие устройства можно использовать в качестве источника электрического тока регулируемой частоты?
4. Можно ли при частотном регулировании получить частоту вращения ротора ниже и выше номинальной?
5. Назовите достоинства и недостатки частотного способа регулирования.
6. Изобразите семейство характеристик $M = f(S)$ при $f_1 = 50$ Гц; 25 Гц; 100 Гц; $M_{ст} = \text{const}$.

Задание А50. *Импульсный способ регулирования частоты вращения АД*

На рисунке изображена принципиальная схема импульсного регулирования частоты вращения АД.

1. В чем заключается сущность импульсного регулирования частоты вращения АД?

2. Постройте график зависимости $n = f(t)$ при импульсном регулировании.
3. Применяется ли импульсный способ регулирования для АД с фазным ротором?
4. Назовите достоинства и недостатки импульсного способа регулирования.



Задание А51. Изменение числа пар полюсов P обмоток статора

На рис. 51.1 изображены катушечные группы фазы однослойной трехфазной обмотки.

Фаза состоит из двух катушечных групп (из двух половин).

Катушечные группы соединены последовательно, направление тока в катушечных группах фазы одинаковое (от начала к концу). Число пар полюсов $P = 2$.

На рис. 51.2 изображены катушечные группы фазы и показано направление магнитных линий поля статора.

1. На рис. 51.3 соедините катушечные группы фазы так, чтобы направление тока во второй катушечной группе изменялось на противоположное по сравнению с рис. 51.2.
2. Изобразите на рис. 51.3 линии магнитного поля статора. Поставьте стрелки на магнитных линиях.
3. Определите число пар полюсов P обмотки статора и сравните рис. 51.2 и 51.3.

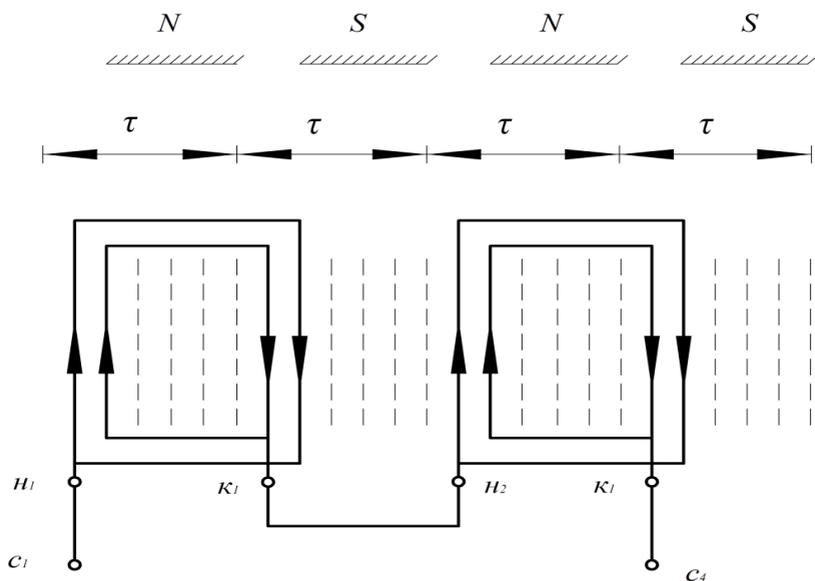


Рис. 51.1

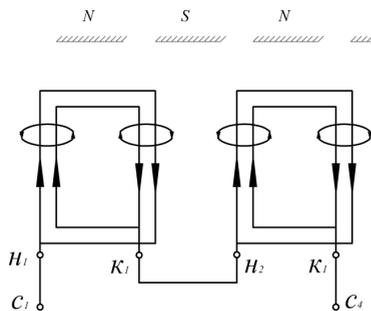


Рис. 51.2

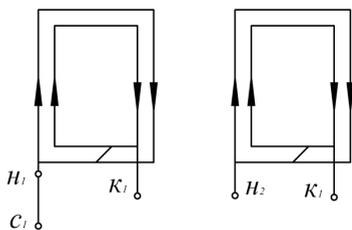


Рис. 51.3

Задание А52. Способы регулирования частоты вращения АД

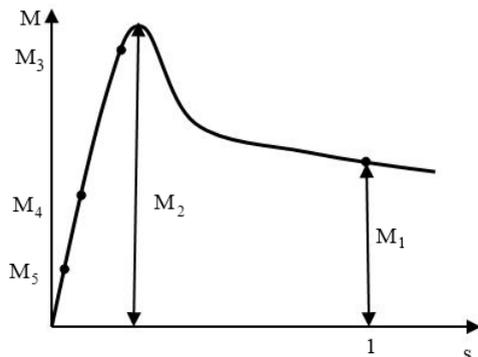
Пометьте в таблице знаком (+) приемлемые и (-) неприемлемые способы регулирования частоты вращения ротора АД с фазным и короткозамкнутым ротором.

Способы регулирования частоты вращения ротора АД		АД с фазным ротором	АД с короткозамкнутым ротором
Регулирование изменением частоты вращения поля статора	1. Изменение числа пар полюсов P 2. Регулирование частоты f_1 питающего напряжения		
Регулирование изменением скольжения	1. Изменение питающего напряжения U_1 2. Введение в цепь ротора добавочного сопротивления R_d 3. Введение в цепь ротора добавочной ЭДС E_d		
Импульсное регулирование			

Задание А53. Регулирование частоты вращения АД изменением числа пар полюсов

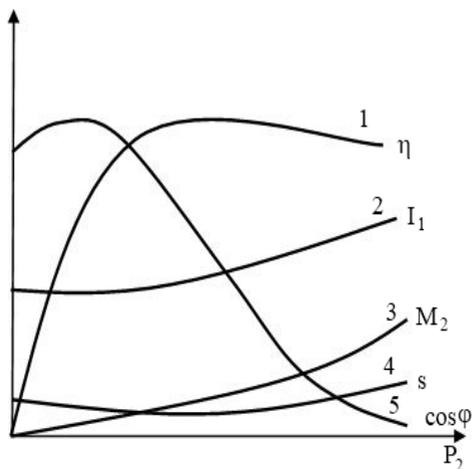
1. Для каких АД используют этот способ?
2. Каким образом производится изменение числа пар полюсов P АД?
3. Как называются двигатели, допускающие регулирование частоты вращения этим способом?
4. Назовите достоинства и недостатки способа регулирования частоты вращения n АД изменением числа пар полюсов P .

Задание А54. Какой из указанных моментов соответствует номинальному моменту двигателя?

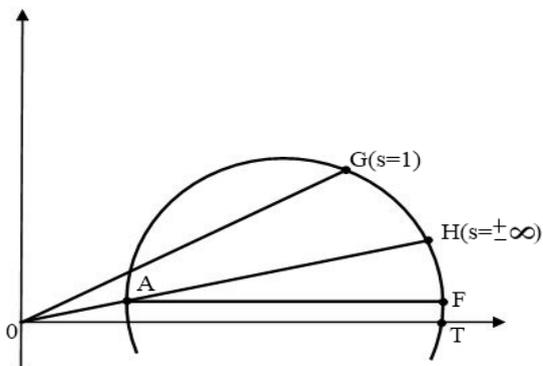


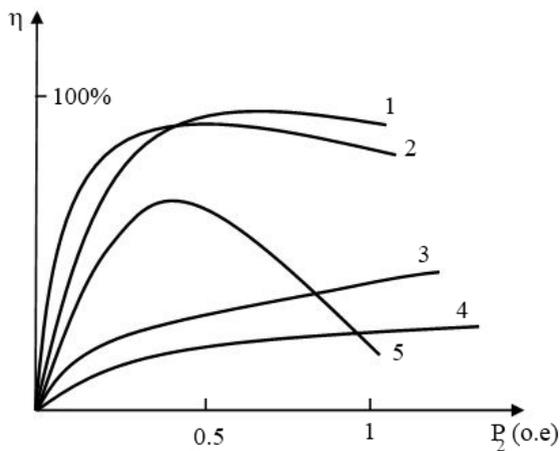
1. Момент M_1 .
2. Момент M_2 .
3. Момент M_3 .
4. Момент M_4 .

Задание А55. Какая из указанных рабочих характеристик асинхронного двигателя неправильная?

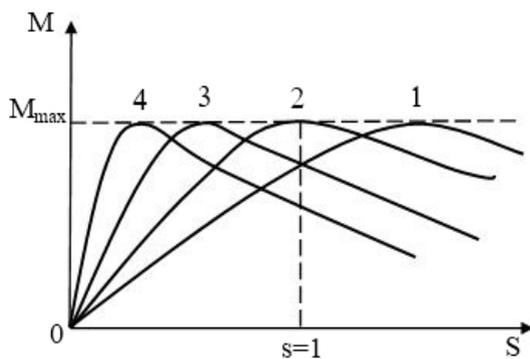


Задание А56. Какая из линий на круговой диаграмме соответствует линии, подводимой к асинхронному двигателю мощности?



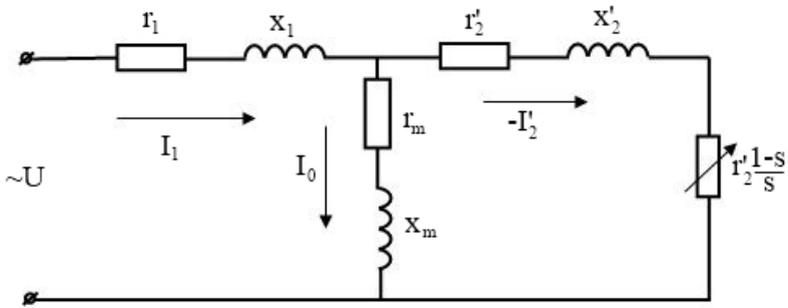


Задание А59. Какая из механических характеристик асинхронного двигателя соответствует наибольшему активному сопротивлению ротора?

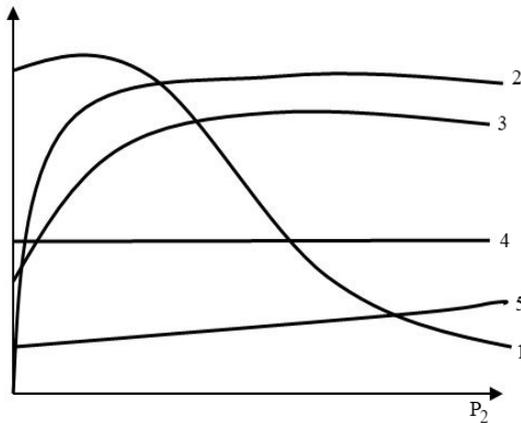


Задание А60. В каком сопротивлении T-образной схемы замещения потери мощности равны электрическим потерям в обмотке ротора?

1. R_2'
2. R_m
3. X_m
4. $R_2'(1-s)/s$



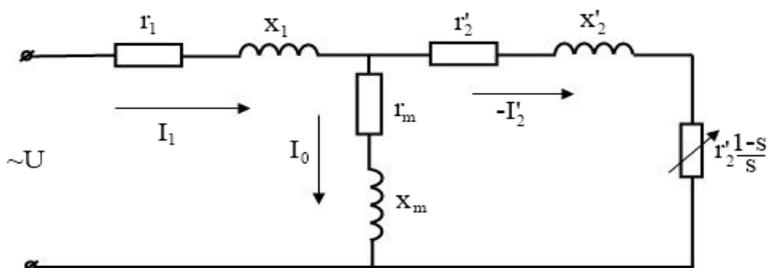
Задание А61. Какая характеристика соответствует зависимости $\cos\varphi = f(P_2)$?



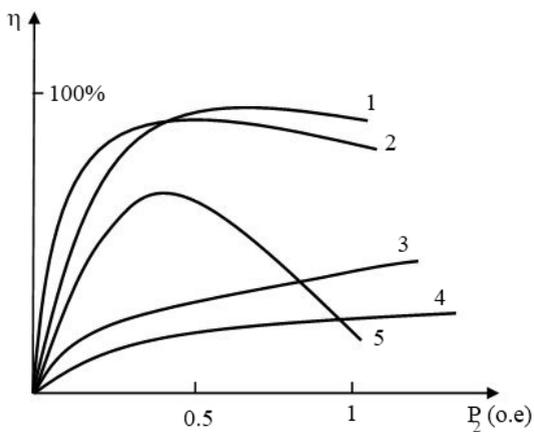
1. Характеристика 1.
2. Характеристика 2.
3. Характеристика 3.
4. Характеристика 4.

Задание А62. Какая из перечисленных мощностей определяется электрическими потерями в сопротивлении $R_2'(1-s)/s$ схемы замещения?

1. Полные потери мощности в двигателе.
2. Электромагнитная мощность.
3. Электрические потери в обмотке генератора.
4. Полная механическая мощность.
5. Подводимая мощность.



Задание А63. Какую из величин характеризует сопротивление R_m схемы замещения?



1. Поток рассеяния.
2. Электрические потери в обмотках.
3. Механическая мощность на валу.
4. Потери в стали.
5. Механические потери.

Задание А64. В каком сопротивлении T-образной схемы замещения потери мощности равны электрическим потерям обмотки статора?

1. R_2'
2. R_m
3. X_m
4. R_1
5. $R_2'(1-s)/s$

Задание А65. Как соединить обмотку статора трехфазного АД при работе от сети 220 В, если в паспортных данных указано 127/220?

1. В «звезду».
2. В «треугольник».
3. Безразлично.

Задание А66. Какое магнитное поле создается в трехфазном АД при обрыве одной фазы обмотки статора?

1. Круговое.
2. Пульсирующее.
3. Эллиптическое.
4. Постоянное.
5. Поле отсутствует.

Задание А67. Каково назначение пускового реостата в АД с фазным ротором?

1. Увеличить пусковой момент.
2. Уменьшить пусковой ток.
3. Увеличить пусковой момент и уменьшить пусковой ток.
4. Правильного ответа нет.

Задание А68. В каком сопротивлении T-образной схемы замещения потери равны электрическим потерям в обмотке ротора?

1. R_1
2. X_1
3. R_0
4. R_2'
5. X_2'

Задание А69. Как изменится критическое скольжение АД при увеличении напряжения питания?

1. Уменьшится.
2. Увеличится.
3. Сместится в область тормозного режима.
4. Правильного ответа нет.

Задание А70. При каком соотношении электрических ($P_{эл}$), магнитных ($P_{маг}$) и механических ($P_{мех}$) потерь КПД достигает наибольшего значения?

1. $P_{маг} = P_{эл} + P_{мех}$
2. $P_{мех} = P_{маг} + P_{эл}$
3. $P_{мех} = P_{эл}$
4. $P_{эл} = P_{маг} + P_{мех}$
5. $P_{эл} = P_{маг}$

Задание А71. Определить скольжение АД (в %), если частота вращения ротора 1470 об/мин.

1. 0,2
2. 4,5
3. 10
4. 3
5. 2

Задание А72. Как определяется коэффициент мощности АД?

1. Отношением активной и реактивной мощности.
2. Отношением активной и полной мощности.
3. Отношением реактивной и активной мощности.

Задание А73. Как изменятся перечисленные величины при увеличении нагрузки АД? (Укажите неправильный ответ.)

1. Скольжение увеличится.
2. Частота вращения уменьшится.
3. Ток статора уменьшится.
4. Коэффициент мощности возрастет.
5. ЭДС в обмотке ротора увеличится.

Задание А74. Определить скольжение АД (в %), если частота вращения ротора 970 об/мин.

1. 0,2
2. 4,5
3. 10
4. 3
5. 2
6. Правильного ответа нет.

Задание А75. В каких пределах меняется скольжение АМ в режиме двигателя?

1. Выше 0.
2. От 0 до 5.
3. От 5 до 1.
4. От 0 до 1.
5. Выше 1.
6. Ниже 0.

Задание А76. Чему равна частота вращения поля двухполюсного АД при частоте сети 50 Гц?

1. 6000 об/мин.
2. 3000 об/мин.
3. 1500 об/мин.
4. 1000 об/мин.
5. 750 об/мин.

Задание А77. Какие из перечисленных величин в АМ не равны 0 при $s = 0$?

1. ЭДС обмотки ротора.
2. Ток ротора.
3. Полезная мощность.
4. Электромагнитный момент.
5. Частота вращения ротора.

Задание А78. Как соединить обмотку статора трехфазного АД при работе от сети 127 В, если в паспортных данных указано 127/220?

1. В «звезду».
2. В «треугольник».
3. Безразлично.

Задание А79. С какой целью понижается напряжение, подводимое к обмотке статора, при пуске АД?

1. Уменьшение пускового момента.
2. Увеличение пускового момента.
3. Уменьшение пускового тока.
4. Увеличение пускового тока.
5. Правильного ответа нет.

Задание А80. *Какая из перечисленных величин остается неизменной при увеличении полезной мощности на валу АД?*

1. Потребляемая мощность.
2. Частота вращения магнитного поля.
3. Электрические потери.
4. Скольжение.

Задание А81. *Каково влияние пускового реостата в АД с фазным ротором на величину максимального момента?*

1. Не влияет.
2. Уменьшает.
3. Увеличивает.

Задание А82. *При каком наибольшем отношении момента нагрузки к номинальному можно запустить АД при пониженном в 2 раза напряжении, если кратность пускового момента равна 1,2?*

1. 1,2
2. 0,6
3. 0,4
4. 0,3
5. 0,2

Задание А83. *Какие из перечисленных величин при пуске АД равны 0?*

1. Скольжение.
2. Потребляемая мощность.
3. Полезная мощность.
4. Ток статора.
5. Вращающийся момент.

Задание А84. *При каком скольжении ЭДС, наводимая в обмотке ротора АД, максимальна?*

1. 1
2. $s_{кр}$
3. 0
4. $s_{ном}$
5. Правильного ответа нет.

Задание А85. Чему равна частота вращения поля четырехполюсного АД при частоте 50 Гц?

1. 3000 об/мин
2. 2500 об/мин
3. 2000 об/мин
4. 1500 об/мин
5. 1000 об/мин
6. 750 об/мин

Задание А86. В каких пределах меняется скольжение АМ в режиме генератора?

1. Выше 0.
2. От 0 до $s_{кр}$.
3. От $s_{кр}$ до 0.
4. От 0 до 1.
5. Выше 1.
6. Ниже 0.

Задание А87. Какими потерями можно пренебречь при вращении АД на холостом ходе?

1. Механическими потерями.
2. Потерями в стали статора.
3. Потерями в стали ротора.
4. Электрическими потерями в обмотке статора.
5. Правильного ответа нет.

Задание А88. Каково влияние пускового реостата в АД с фазным ротором на величину критического скольжения?

1. Не влияет.
2. Уменьшает.
3. Увеличивает.

Задание А89. Как изменится диаметр круговой диаграммы при переключении первичной обмотки АД с треугольника на звезду, если напряжение питания останется неизменным?

1. Не изменится.
2. Увеличится.
3. Уменьшится.

Задание А90. *Определить частоту тока в обмотке ротора АД, если его частота вращения 1470 об/мин.*

1. 1 Гц
2. 1,5 Гц
3. 5 Гц
4. 2,5 Гц
5. 0,1 Гц
6. Правильного ответа нет.

Задание А91. *В каких пределах меняется скольжение АМ в режиме тормоза?*

1. От 0 до $s_{кр}$.
2. От $s_{кр}$ до 1.
3. От 0 до 1.
4. Выше 1.
5. Ниже 0.

Задание А92. *Четырехполюсный АД с фазным ротором, в паспорте которого указано 127/220, вращается с частотой 1410 об/мин. Определить ЭДС в фазе ротора, если число витков в фазах статора и ротора и их обмоточные коэффициенты равны, а напряжение сети 220 В.*

1. 7,6 В
2. 13,2 В
3. 14,0 В
4. 102,7 В
5. 193,6 В
6. Правильного ответа нет.

Задание А93. *Как изменятся нижеперечисленные величины при увеличении нагрузки АД?*

1. ЭДС в обмотке ротора уменьшится.
2. Коэффициент мощности уменьшится.
3. Ток статора уменьшится.
4. Скольжение увеличится.
5. Частота вращения ротора увеличится.

Задание А94. При прямом пуске кратность пускового момента трехфазного АД равна 1,2. Определить максимально возможный момент нагрузки на валу (в относительных единицах) при пуске двигателя методом переключения обмотки статора со «звезды» на «треугольник».

1. 1,2
2. 0,6
3. 0,4
4. 0,3
5. 0,2

Задание А95. С какой частотой вращения проводники ротора трехфазного восьмиполюсного АД пересекаются магнитным полем в момент пуска при питании от сети 127 В с частотой 60 Гц?

1. 0 об/мин
2. 60 об/мин
3. 450 об/мин
4. 900 об/мин
5. Правильного ответа нет.

Задание А96. Определить полезную мощность трехфазного десятиполюсного АД с фазным ротором, если известно, что ток обмотки ротора 5 А, сопротивление фазы ротора 2 Ом, схема соединения обмотки ротора – «звезда», АД вращается с частотой 570 об/мин, а добавочные механические потери составляют 50 Вт.

1. 900 Вт
2. 950 Вт
3. 2800 Вт
4. 2950 Вт
5. Правильного ответа нет.

Задание А97. Определить электромагнитную мощность, развиваемую трехфазным шестиполюсным АД с фазным ротором, вращающимся с частотой 964 об/мин, если ток обмотки ротора 3 А, активное сопротивление фазы ротора 4 Ом, схема соединения обмоток – «звезда».

1. 964 Вт
2. 1000 Вт
3. 2892 Вт
4. 3000 Вт
5. Правильного ответа нет.

Задание А98. *Определить частоту вращения ротора трехфазного четырехполюсного АД с фазным ротором, электромагнитная мощность которого равна 54 кВт, при токе в фазе обмотки ротора 240 А и активном сопротивлении этой фазы 0,025 Ом.*

1. 1460 об/мин
2. 1380 об/мин
3. 730 об/мин
4. 690 об/мин
5. Правильного ответа нет.

Задание А99. *На сколько процентов изменится максимальный вращающий момент трехфазного АД при уменьшении напряжения питания на 10 %?*

1. Увеличится на 10 %.
2. Увеличится на 19 %.
3. Не изменится.
4. Уменьшится на 19 %.
5. Уменьшится на 10 %.
6. Правильного ответа нет.

Задание А100. *Как изменятся ток и коэффициент мощности АД в режиме холостого хода при увеличении воздушного зазора?*

1. Ток увеличится, коэффициент мощности уменьшится.
2. Ток увеличится, коэффициент мощности увеличится.
3. Ток уменьшится, коэффициент мощности увеличится.
4. Ток уменьшится, коэффициент мощности уменьшится.
5. Ток и коэффициент мощности не изменятся.
6. Правильного ответа нет.

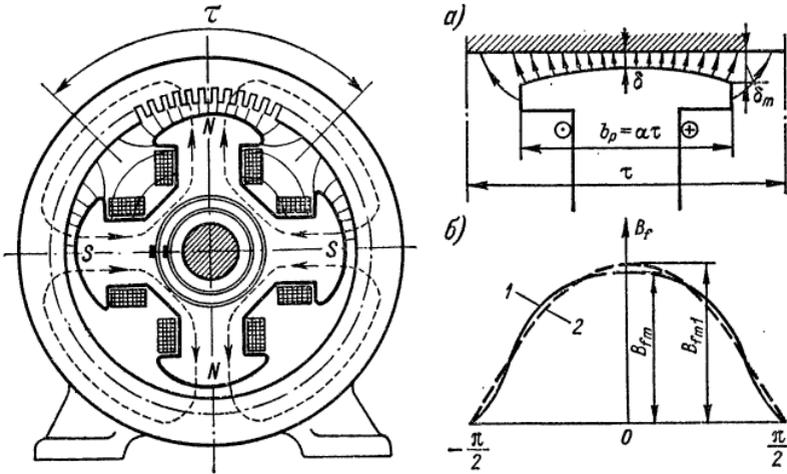
Задание А101. *Возможно ли применить метод пуска переключением обмотки статора со «звезды» на «треугольник» для трехфазного АД со следующими номинальными данными: $U = 127/220$ В; $J = 18,7/9$ А, если напряжение сети 220 В?*

1. Возможно.
2. Нельзя.
3. Для ответа не хватает данных.

Глава 2. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ [1; 2; 3; 4]

Основные положения и формулы

Устройство и принцип действия синхронной явнополюсной машины

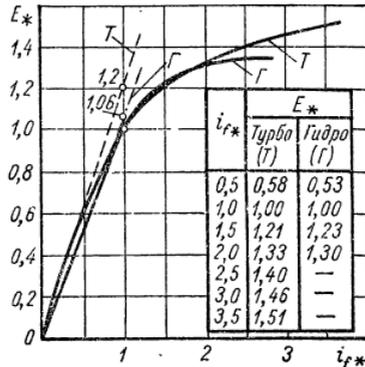


Характеристики синхронных генераторов:

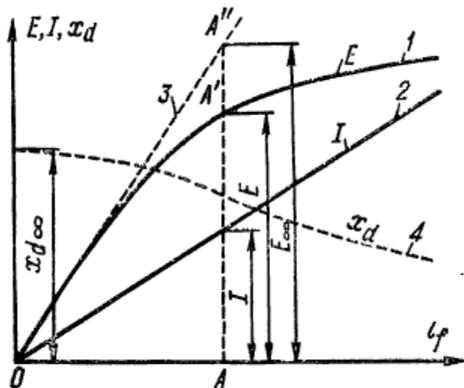
а) холостого хода $U = f(i_f)$ и $I = 0, f = f_n$ в относительных единицах

$$U_* = \frac{U}{U_n}; \quad i_{f*} = \frac{i_f}{i_{fn0}},$$

где i_{fn0} — ток холостого хода при $U = U_n$;



б) короткого замыкания снимается при замыкании зажимов всех фаз обмотки якоря накоротко и определяет зависимость $I = f(i_f)$ при $U = 0$ и $f = f_n$, где кривая 1 – холостого хода; кривая 2 – короткого замыкания; кривая 4 – насыщенные значения x_d .

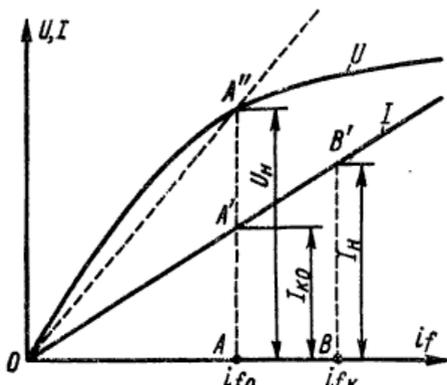


Отношением короткого замыкания (о.к.з.) называется отношение установившегося тока короткого замыкания I_{k0} при токе возбуждения, который при холостом ходе и $n = n_n$ дает $E = U_n$, к номинальному току якоря I_n :

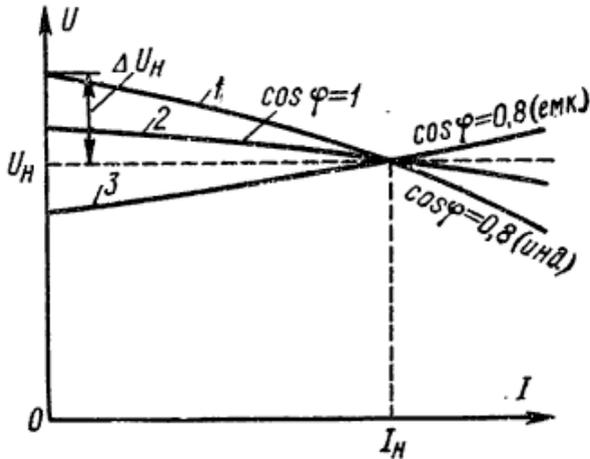
$$k_{\text{о.к.з.}} = \frac{I_{k0}}{I_n},$$

где $I_{k0} = \frac{U_n}{x_d}$; x_d – насыщенное значение продольного синхронного сопротивления, соответствующее U_n .

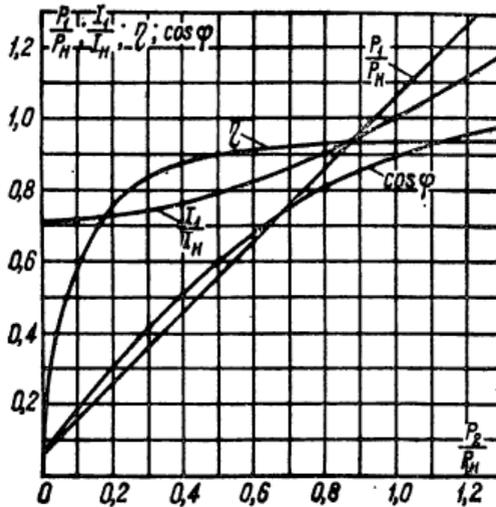
Определение о.к.з.



в) внешняя характеристика определяет зависимость $U = f(I)$ при $i_f = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$, $f = f_n$ и показывает, как изменяется напряжение машины при изменении нагрузки и неизменном токе возбуждения.



Рабочие характеристики синхронного двигателя при $U = U_H$, $f = f_n$ и $i_f = i_{fn} = \text{const}$.



Задания по синхронным машинам

Задание С1. *Какие причины вызывают изменение U при изменении I при активно-индуктивной нагрузке (внешняя характеристика)?*

1. Намагничивающая реакция якоря и изменение скорости вращения.
2. Размагничивающая реакция якоря и падение напряжения в обмотке якоря.
3. Изменение тока возбуждения.
4. Падение напряжения в нагрузке.
5. Падение напряжения в обмотке возбуждения.

Задание С2. *Из какого материала изготавливается ротор турбогенератора?*

1. Из электротехнической (листовой) стали.
2. Из легированной стали (поковка).
3. Из стали марки Ст3.
4. Из чугуна.
5. Из алюминиевого сплава.

Задание С3. *Для чего двухслойную обмотку статора в трехфазных машинах переменного тока выполняют с укороченным шагом $y < \tau$?*

1. Для увеличения ЭДС фазы.
2. Для уменьшения ЭДС фазы.
3. Для повышения коэффициента мощности.
4. Для уменьшения высших гармоник в кривой намагничивающей силы и МДС.
5. Для повышения коэффициента полезного действия.

Задание С4. *Какая мощность указывается на щитке синхронного генератора и является его номинальной мощностью?*

1. Подводимая механическая.
2. Электромагнитная.
3. Активная мощность на зажимах машины.
4. Реактивная.
5. Полная (кажущаяся) электрическая мощность на зажимах машины.

Задание С5. *Какое магнитное поле создается при питании однофазной обмотки переменным током?*

1. Постоянное.
2. Пульсирующее.
3. Вращающееся эллиптическое.
4. Вращающееся круговое.
5. Магнитное поле отсутствует.

Задание С6. *Что обозначает первая цифра марки стали Э330?*

1. Сталь горячекатаная.
2. Процентное содержание углерода.
3. Класс технологической обработки.
4. Процентное содержание кремния.
5. Третий сорт.

Задание С7. *Определите скорость вращения седьмой пространственной гармоники намагничивающей силы (н.с.) трехфазной обмотки по отношению к скорости вращения первой гармоники (n_1) и укажите направление вращения седьмой гармоники н.с. (прямое или обратное).*

1. $n_1/7$ – прямое.
2. $n_1/7$ – обратное.
3. $n_1 \cdot 6/7$ – прямое.
4. $n_1 \cdot 6/7$ – обратное.
5. n_1 – обратное.

Задание С8. *Определите шаг у двухслойной обмотки статора машины переменного тока. Дано: число фаз $m = 3$; число полюсов $2p = 4$; число пазов на полюс и фазу $q = 2$; коэффициент укорочения шага обмотки $K_y = 0,833$.*

Примечание. Шаг y выразите числом зубцовых делений.

1. $y = 2$
2. $y = 3$
3. $y = 4$
4. $y = 5$
5. $y = 6$

Задание С9. *Отношением каких мощностей определяется КПД синхронного генератора?*

1. Полной электрической к механической.
2. Активной электрической к полной электрической.
3. Активной электрической к механической.
4. Механической к полной электрической.
5. Механической к активной электрической.

Задание С10. *Определите полный (без укорочения) шаг y однослойной обмотки статора машины переменного тока. Дано: число фаз $t = 3$; число пар полюсов $p = 3$; число пазов на полюс и фазу $q = 3$.*

Примечание. Шаг y выразите числом зубцовых делений.

1. $y = 3$
2. $y = 6$
3. $y = 9$
4. $y = 18$
5. $y = 27$

Задание С11. *Каким шагом y (по отношению к полюсному делению τ) следует выполнять двухслойную трехфазную обмотку для уничтожения пятой пространственной гармоники намагничивающей силы?*

1. $y = \tau$
2. $y = \tau \times 5/6$
3. $y = \tau \times 4/5$
4. $y = \tau \times 1/2$
5. $y = \tau \times 1/5$

Задание С12. *Какую величину не требуется поддерживать постоянной при снятии регулировочной характеристики синхронного генератора?*

1. Напряжение на зажимах якоря.
2. Коэффициент мощности.
3. Скорость вращения ротора.
4. Ток возбуждения.
5. Частоту тока.

Задание С13. *Определите скорость вращения ротора синхронного генератора при установившемся режиме (об/мин). Дано: число полюсов $2p = 20$; частота $f = 50$ Гц.*

1. 3000
2. 1500
3. 300
4. 150
5. 24

Задание С14. *Каким шагом y (по отношению к полюсному делению τ) следует выполнять двухслойную трехфазную обмотку для уничтожения седьмой пространственной гармоники намагничивающей силы?*

1. $y = \tau$
2. $y = \tau \times 6/7$
3. $y = \tau \times 5/6$
4. $y = \tau \times 4/5$
5. $y = \tau \times 1/7$

Задание С15. *Какая реакция якоря возникает в синхронном генераторе при трехфазном коротком замыкании?*

1. Продольная размагничивающая.
2. Продольная намагничивающая.
3. Поперечная размагничивающая.
4. Поперечная намагничивающая.
5. Поперечная и продольная намагничивающая.

Задание С16. *Рассчитайте скорость вращения (об/мин) пятой пространственной гармоники намагничивающей силы восьмиполусной трехфазной машины при питании ее трехфазным током частоты 50 Гц и укажите направление вращения этой гармоники н.с.*

1. 150 об/мин, прямое
2. 150 об/мин, обратное
3. 375 об/мин, прямое
4. 375 об/мин, обратное
5. 750 об/мин, обратное

Задание С17. Каково соотношение между синхронными индуктивными сопротивлениями по продольной (X_d) и по поперечной (X_q) осям в явнополюсной синхронной машине?

1. $X_d \ll X_q$
2. $X_d < X_q$
3. $X_d > X_q$
4. $X_d = X_q$
5. $X_d = X_q = X_c$

Задание С18. Для какой машины (генератора или двигателя, явнополюсного или неявнополюсного) справедливо следующее уравнение ЭДС обмотки якоря?

$$U = E_0 - jI_d \cdot X_{ad} - jI_q \cdot X_{aq} - jI \cdot X_\sigma - I \cdot R_a.$$

1. Для генератора явнополюсного.
2. Для генератора неявнополюсного.
3. Для двигателя явнополюсного.
4. Для двигателя неявнополюсного.

Задание С19. Как изменятся потери при увеличении активно-индуктивной нагрузки автономно работающего синхронного генератора? ($I_B = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$, $n = \text{const}$). Найдите неправильный ответ.

1. P_ω — возрастают.
2. P_B — не изменяются.
3. P_M — возрастают.
4. $P_{\text{мех}}$ — не изменяются.
5. $P_{\text{щ}}$ — не изменяются.

Задание С20. Под действием какого вращающего момента трехфазный неявнополюсный синхронный двигатель втягивается в синхронизм при асинхронном пуске?

1. Реактивный момент.
2. Асинхронный момент.
3. Момент от обратного поля двигателя.
4. Момент от разгонного двигателя.
5. Момент от взаимодействия поля возбуждения и поля статора.

Задание С21. *Отношением каких мощностей определяется коэффициент мощности электрической машины переменного тока?*

1. Активной к полной.
2. Активной к реактивной.
3. Реактивной к полной.
4. Реактивной к активной.
5. Полной к активной.

Задание С22. *Как включается обмотка возбуждения синхронного двигателя при асинхронном пуске в начальный период?*

1. Замыкается на активное сопротивление.
2. Подключается к сети постоянного тока.
3. Подключается к сети переменного тока.
4. Остается разомкнутой.
5. Закорачивается.

Задание С23. *На векторной диаграмме угол θ , определяющий мощность синхронной машины, — это угол между ЭДС E_0 и напряжением U . Между осями каких двух магнитных потоков пространственный угол в машине равен θ ? Принятые обозначения: Φ_0 — поток обмотки возбуждения; Φ_a — поток реакции якоря; Φ_q — результирующий магнитный поток; Φ_σ — поток рассеяния обмотки якоря.*

1. Между Φ_0 и Φ_q
2. Между Φ_0 и Φ_a
3. Между Φ_σ и Φ_a
4. Между Φ_q и Φ_a
5. Между Φ_q и Φ_σ

Задание С24. *Для какой синхронной машины (генератора или двигателя, явнополюсного или неявнополюсного) справедливо следующее уравнение ЭДС обмотки якоря?*

$$U = E_0 - jI \cdot X_a - jI \cdot X_\sigma - I \cdot R_a$$

1. Для генератора явнополюсного.
2. Для генератора неявнополюсного.
3. Для двигателя явнополюсного.
4. Для двигателя неявнополюсного.

Задание С25. Для какой синхронной машины (генератора или двигателя, явнополюсного или неявнополюсного) справедливо следующее уравнение ЭДС обмотки якоря?

$$U = -E_0 + jI \cdot X_a + jI \cdot X_\sigma + I \cdot R_a.$$

1. Для генератора явнополюсного.
2. Для генератора неявнополюсного.
3. Для двигателя явнополюсного.
4. Для двигателя неявнополюсного.

Задание С26. Какое условие включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью указано неправильно?

1. Обмотка возбуждения должна быть замкнута на добавочное сопротивление.
2. ЭДС генератора должна быть равна напряжению сети.
3. Равенство частот генератора и сети.
4. Одинаковый порядок чередования фаз у генератора сети.
5. ЭДС генератора должна быть в противофазе с напряжением сети.

Задание С27. Найдите перечисленные в одной строке две величины, которые изменяют при снятии регулировочной характеристики синхронного генератора: U — напряжение на зажимах якоря; I_b — ток возбуждения; n — скорость вращения ротора.

1. Для увеличения входного момента.
2. Для увеличения пускового момента.
3. Для уменьшения пускового момента.
4. Для увеличения пусковых токов.
5. Для уменьшения пусковых токов.

Задание С28. Как регулируется реактивная мощность синхронного генератора при параллельной работе с сетью бесконечно большой мощности?

1. Изменением частоты генератора.
2. Изменением тока возбуждения.
3. Изменением момента приводного двигателя.
4. Изменением напряжения генератора.
5. Изменением активного сопротивления в цепи якоря.

Задание С29. Из какого материала изготавливается магнитопровод якоря синхронного двигателя?

1. Из электротехнической стали.
2. Кованой стали.
3. Пермаллоя.
4. Стали марки Ст3.
5. Чугуна.

Задание С30. Почему обмотка переменного тока в мощном синхронном генераторе располагается на статоре, а не на роторе?

1. Из-за сложности выполнения пазов на роторе.
2. С целью увеличения КПД.
3. Из-за высоких напряжений и больших номинальных токов обмотки якоря.
4. С целью увеличения магнитного потока взаимной индукции.
5. Так как номинальные напряжения возбуждения больше, чем номинальные напряжения обмотки якоря.

Задание С31. Из какого материала изготавливаются магнитопроводы статоров синхронных генераторов и турбогенераторов?

1. Из стали марки Ст3.
2. Пермаллоя.
3. Кованой стали.
4. Электротехнической (листовой) стали.
5. Чугуна.

Задание С32. Рассмотрите виды потерь мощности в синхронных генераторах и укажите потери, которые отсутствуют при холостом ходе.

1. Электрические потери в обмотке возбуждения.
2. Магнитные потери.
3. Механические потери.
4. Электрические потери в щеточном контакте.
5. Электрические потери в обмотке якоря.

Задание С33. Рассчитайте номинальный ток якоря трехфазного синхронного генератора по следующим данным для номинального режима работы: $P_{1н} = 100 \text{ кВт}$ — подводимая к генератору мощность,

$KПД = 0,92$, $U_{н} = 500 В$ – напряжение на зажимах обмотки якоря, коэффициент мощности для номинального режима – $0,8$. Схема соединения обмотки якоря (статора) – «звезда».

1. 49 А
2. 76,6 А
3. 85,1 А
4. 133 А
5. 151,4 А

Задание С34. Какова связь между величинами $X_{ad}(X_{aq})$ и величиной воздушного зазора?

1. Пропорциональны квадрату воздушного зазора.
2. Обратны пропорциональны.
3. Не оказывают существенного влияния друг на друга.
4. Прямо пропорциональны.

Задание С35. Какое из условий обязательно к выполнению при включении синхронных машин на параллельную работу?

1. Равенство частот синхронного генератора и сети.
2. Равенство фазных напряжений генератора и сети.
3. Одинаковое чередование фаз генератора и сети.
4. Равенство номинальных мощностей генератора и сети.

Задание С36. Фазные напряжения генератора и сети в момент включения генератора на параллельную работу сдвинуты на 180 градусов. К чему это приведет?

1. К короткому замыканию.
2. Короткому замыканию под двойным напряжением.
3. Номинальному режиму работы генератора.
4. Переходу в режиме двигателя.

Задание С37. Каков наиболее часто используемый способ пуска синхронных двигателей?

1. Пуск при пониженном напряжении.
2. Пуск с использованием демпферной обмотки.
3. Конденсаторный пуск.
4. Пуск с использованием приводной машины.

Задание С38. Чему по отношению к сети эквивалентна перевозбужденная синхронная машина?

1. Активной нагрузке.
2. Имеет емкостный характер.
3. Имеет индуктивный характер.

Задание С39. Чему равен в точке минимума U -образной характеристики $\cos\varphi$?

1. Имеет значение «0».
2. Не имеет определенного значения.
3. Имеет значение «0,66».
4. Имеет значение «1».

Задание С40. Какие размеры в синхронной машине являются главными?

1. Величины воздушного зазора и полюсного деления.
2. Внутренний диаметр статора и длина воздушного зазора.
3. Габаритные размеры обмотки статора.
4. Внешний диаметр статора и длина вала машины.

Задание С41. Как изменяется КПД гидрогенератора с увеличением его номинальной мощности?

1. Уменьшается.
2. Непосредственно не зависит, так как определяется другими величинами.
3. Увеличивается.

Задание С42. Что является основным фактором, ограничивающим линейную нагрузку синхронной машины?

1. Ограничение максимальной индукции в зазоре.
2. Ограничение максимальной индукции в зубцах.
3. Ограничение нагрева обмотки.
4. Прочие факторы.

Задание С43. Чем главным образом ограничен верхний предел индукции в зазоре?

1. Величиной линейной нагрузки.
2. Насыщением магнитной цепи.
3. Температурным балансом машины.
4. Прочими факторами.

Задание С44. *Что главным образом зависит от величины отношения A/B_s ?*

1. Габаритные размеры машины.
2. Главные размеры машины.
3. Величина воздушного зазора.
4. Индуктивные сопротивления обмотки.

Задание С45. *Для чего служит демпферная обмотка в синхронных генераторах?*

1. Для ослабления обратного синхронного поля при несимметричной нагрузке.
2. Для успокоения качания ротора.
3. Для предотвращения динамических перенапряжений при несимметричном КЗ.
4. Для выполнения всех вышеперечисленных функций.

Задание С46. *Где размещается демпферная обмотка?*

1. В пазах статора, параллельно с обмоткой статора.
2. На специальных отводах магнитопровода.
3. В пазах полюсных наконечников ротора.
4. На полюсах, совместно с обмоткой возбуждения.

Задание С47. *Как называется демпферная обмотка в случае, когда расположенные на соседних полюсах ее короткозамыкающие сегменты не замкнуты между собой?*

1. Продольной.
2. Продольно-поперечной.
3. Обычной.
4. Автоколебательной.

Задание С48. *Как следует изготавливать демпферную обмотку, чтобы она наилучшим образом выполняла свои функции?*

1. С максимально возможным числом стержней на один полюс.
2. С зубцовым шагом на роторе, возможно более близким к зубцовому шагу статора.
3. С неоднородными (материал) по ширине полюсного наконечника стержнями.
4. С массивными короткозамыкающими сегментами.

Задание С49. *Какие виды потерь относятся к основным потерям в синхронной машине?*

1. Электрические потери в обмотке статора.
2. Потери на возбуждение.
3. Магнитные потери в ярме магнитопровода.
4. Все вышеперечисленные потери.

Задание С50. *К какому виду потерь относятся механические потери?*

1. К основным потерям синхронной машины.
2. К добавочным потерям синхронной машины.
3. К электромагнитным потерям синхронной машины.
4. Ни к одному из вышеперечисленных видов потерь.

Задание С51. *Какая характеристика является основной и для синхронного двигателя, и для синхронного генератора?*

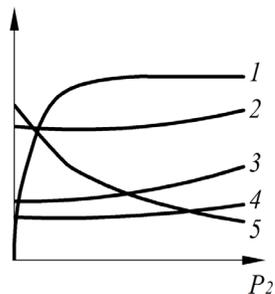
1. Внешняя характеристика.
2. Регулировочная характеристика.
3. Рабочая характеристика.
4. U-образная и угловая характеристики.

Задание С52. *К чему стремятся при проектировании обмоток возбуждения для улучшения теплоотдачи и заполнения катушки медью?*

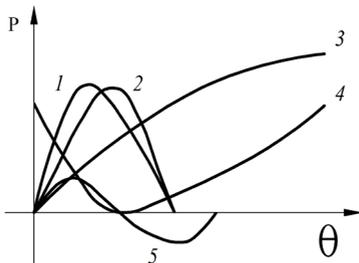
1. Делать катушку многоядерной.
2. Делать катушку одноядерной.
3. Увеличивать число витков и уменьшать сечения проводников.
4. Уменьшать число витков и увеличивать сечения проводников.

Задание С53. *Какая из представленных рабочих характеристик является неправильной характеристикой?*

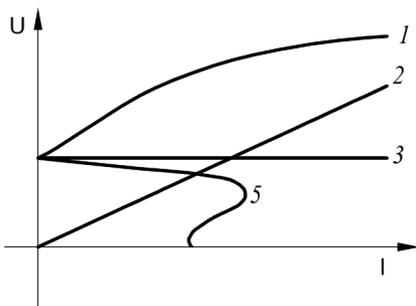
1. № 1
2. № 2
3. № 3
4. № 4
5. № 5
6. Все характеристики правильные.
7. Все характеристики неправильные.



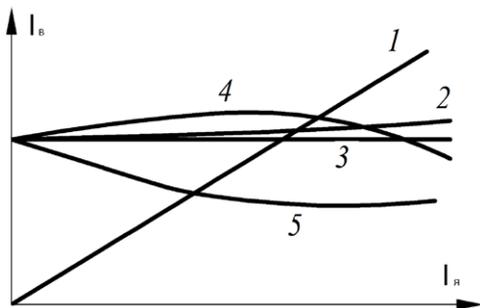
Задание С54. Какая из характеристик, изображенных на графике, является угловой характеристикой неявнополюсного синхронного генератора $P_{эм} = f(\theta)$?



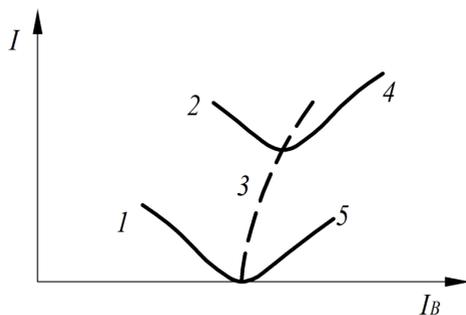
Задание С55. Какая из характеристик, изображенных на графике, является внешней характеристикой синхронного генератора для емкостной нагрузки ($\cos\varphi = 0$) при возрастании тока нагрузки?



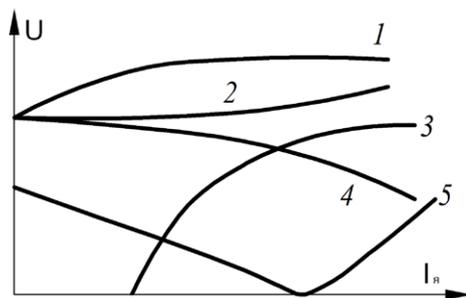
Задание С56. Укажите регулировочную характеристику синхронного генератора для активно-индуктивной нагрузки.



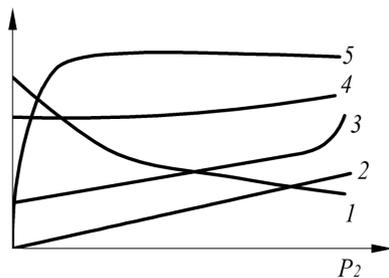
Задание С57. На какой характеристике и на какой ее ветви работает синхронный генератор, отдающий в сеть и активную, и реактивную мощности?



Задание С58. Укажите внешнюю характеристику синхронного генератора для активной нагрузки.

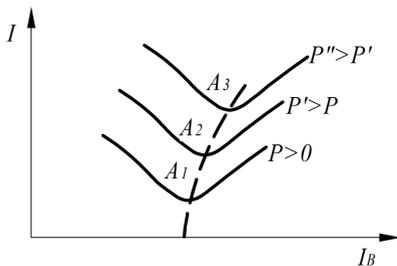


Задание С59. Какая из рабочих характеристик проведена неправильно?

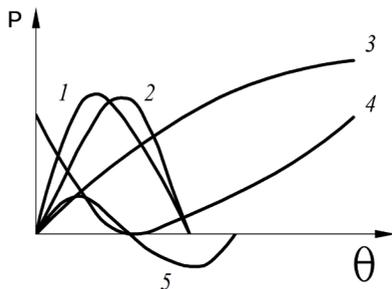


Задание С60. Какая из указанных величин остается неизменной при работе синхронного генератора в точках минимума U-образных кривых?

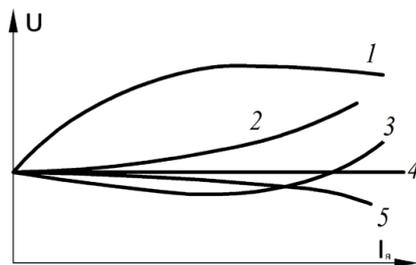
1. I_a
2. $\cos\varphi$
3. $M_{эм}$
4. КПД
5. угол θ



Задание С61. Укажите угловую характеристику трехфазного явнополюсного синхронного генератора.



Задание С62. Укажите внешнюю характеристику синхронного генератора для активно-индуктивной нагрузки.



Библиографический список

1. Вольдек, А.И. Электрические машины: машины переменного тока : учеб. для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб. : Питер, 2007. – 350 с.
2. Брускин, Д.Э. Электрические машины : учеб. для электротехн. спец. вузов : в 2 ч. / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1987. – Ч. 1. – 319 с.
3. Брускин, Д.Э. Электрические машины : учеб. для электротехн. спец. вузов : в 2 ч. / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1987. – Ч. 2. – 335 с.
4. Копылов, И.П. Электрические машины : учеб. для вузов / И.П. Копылов. – 4-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2004. – 607 с.