

Электрические машины – это электромеханические преобразователи, в которых осуществляется преобразование электрической энергии в механическую или механическую в электрическую.

Законы электромеханики.

Первый закон:

Электромеханическое преобразование энергии не может осуществляться с КПД равным 100%.

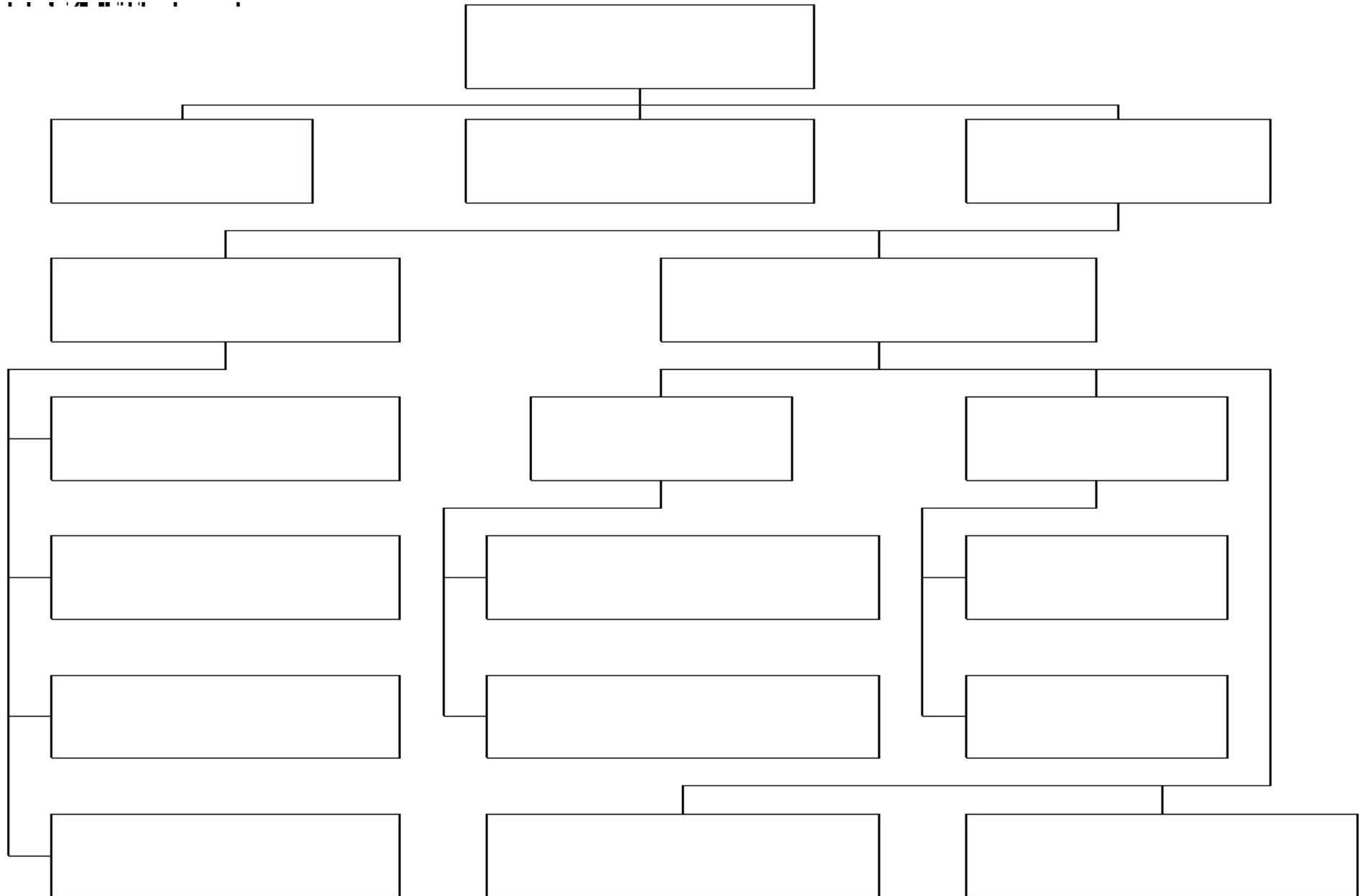
Второй закон:

Все электрические машины обратимы т.е. они могут работать как в двигательном так и в генераторном режиме.

Третий закон:

Электромеханическое преобразование энергии осуществляется полями неподвижными относительно друг друга.

Классификация электрических машин



Основные законы лежащие в основе принципа действия электрических машин

Если в проводнике протекает электрический ток, то в окружающем пространстве возникает электромагнитное поле.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

Закон электромагнитной индукции. В проводнике находящемся в переменном магнитном поле будет наводиться ЭДС, величина которого.

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e = B \cdot l \cdot v$$

Закон Ампера. На помещённый в магнитное поле проводник с током действует сила, величина которой равна произведению магнитной индукции поля на ток, на длину проводника в пределах действия поля и на \sin угла между направлением проводника и поля.

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$$

Общие элементы конструкции электрических машин

1. Магнитопровод. Выполняется из листов электротехнической стали (шихтованный). Предназначен для прохождения магнитного потока. Есть как на неподвижной части так и на вращающейся части.

Набор из листов электротехнической стали (шихта) изолированных друг от друга уменьшает потери на вихревые токи.

2. Обмотки на неподвижной части и на вращающейся части. Выполняется как правило из медного провода. Предназначен для прохождения тока (следовательно для создания магнитного потока или для наведения в ней ЭДС электродвижущей силы).

Для чего предназначен электродвигатель:

1. для изменения параметров электрической энергии;
2. для выработки электрических сигналов, пропорциональных частоте вращения;
3. Для преобразования электрической энергии в механическую;
4. для преобразования механической энергии в электрическую.

Электрическая машина работает при повышенной мощности, как это скажете на ее показателях.

1. снижаются энергетические показатели;
2. улучшаются условия охлаждения;
3. ничего не происходит.
4. повышается нагрев изоляции, сокращается срок службы.

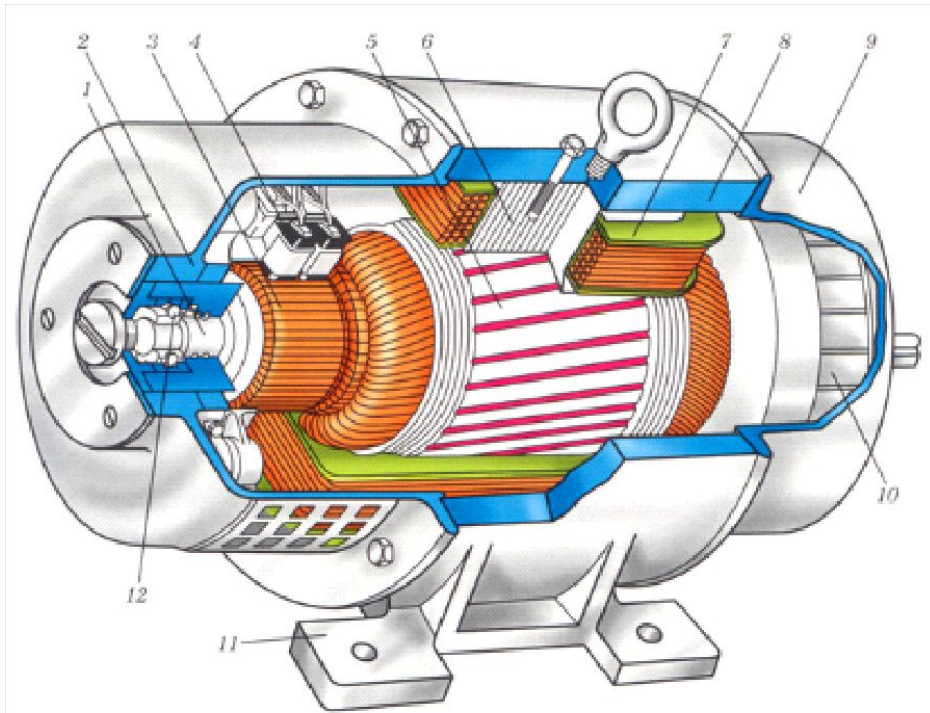
Почему магнитопровод выполняется из листов электротехнической стали

1. уменьшить потери на гистерезис;
2. увеличить магнитный поток;
3. уменьшить вес магнитопровода.
4. уменьшить потери на вихревые токи.

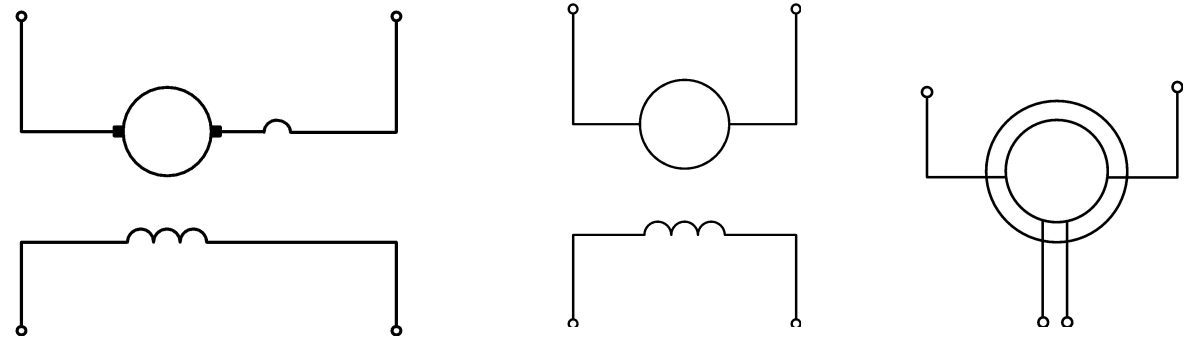
Как определить направление электромагнитной силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.

1. соответствует направлению перемещения проводника.
2. по правилу правой руки;
3. по правилу левой руки
4. по правилу буравчика.

Машины постоянного тока



- Устройство двигателя:
- 1 – вал;
 - 2 – передний подшипниковый щит;
 - 3 – коллектор;
 - 4 – щеткодержатели со щетками;
 - 5 – якорь;
 - 6 – главный полюс;
 - 7 – обмотка возбуждения;
 - 8 – станина;
 - 9 – задний подшипниковый щит;
 - 10 – вентилятор;
 - 11 – лапы;
 - 12 – подшипник



Буквенные обозначения:

M, G – работа в двигательном и генераторном режиме.

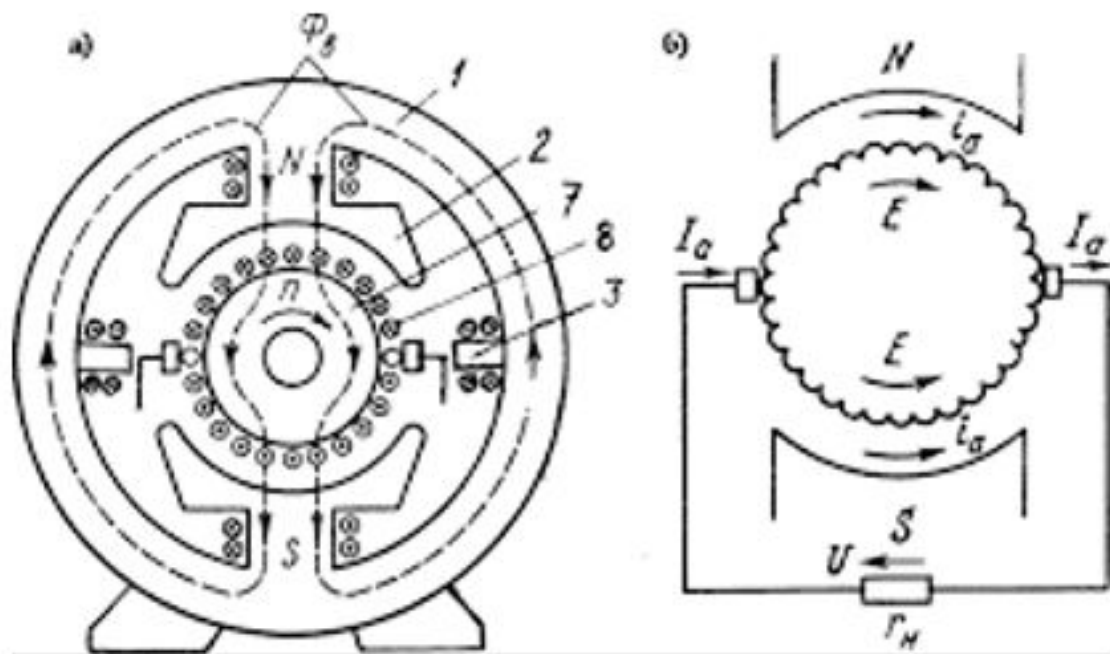
$Я1(A1) – Я2(A2)$ – обмотка якоря.

$Д1(B1) – Д2(B2)$ – обмотка добавочных полюсов.

$С1(D1) – С2(D2)$ – последовательная обмотка.

$Ш1(E1) – Ш2(E2)$ – параллельная обмотка.

$Н1(F1) – Н2(F2)$ – независимая обмотка.



1. Магнитопровод индуктора (статора). Предназначен для прохождения основного (главного) магнитного потока.

2. Главный полюс. Предназначен для создания основного магнитного потока. Состоит из обмотки и магнитопровода.

3. Дополнительный полюс. Предназначен для компенсации реакции якоря и как следствия для улучшения коммутации. Состоит из обмотки и магнитопровода.

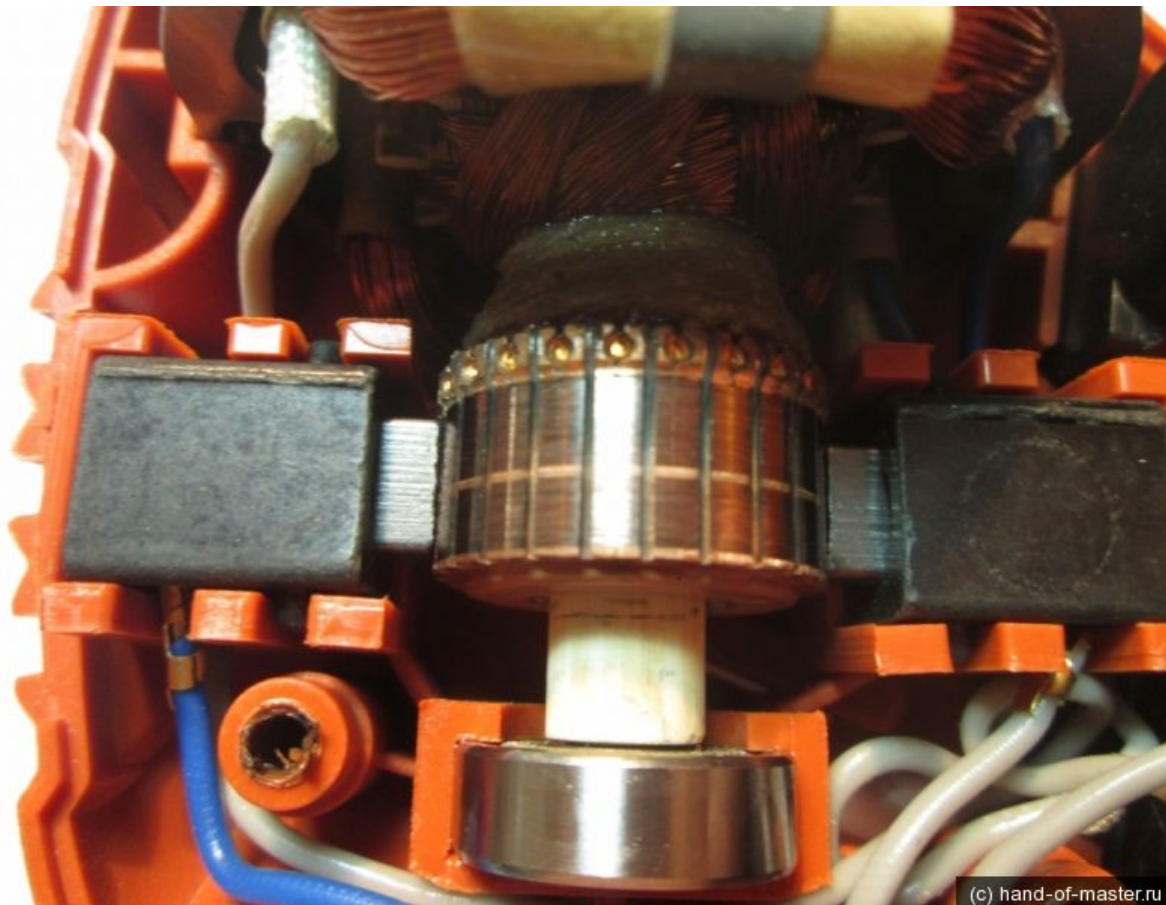
7. Магнитопровод якоря (ротора). Предназначен для прохождения основного (главного) магнитного потока

8. Обмотка якоря (ротора).

В двигательном режиме ток в обмотки якоря взаимодействует с основным магнитным потоком в следствии чего возникает вращающий момент.

В генераторном режиме в обмотки якоря наводится ЭДС.

Коллекторно-щеточный узел



Коллекторно-щеточный узел состоит из коллектора и щеток.

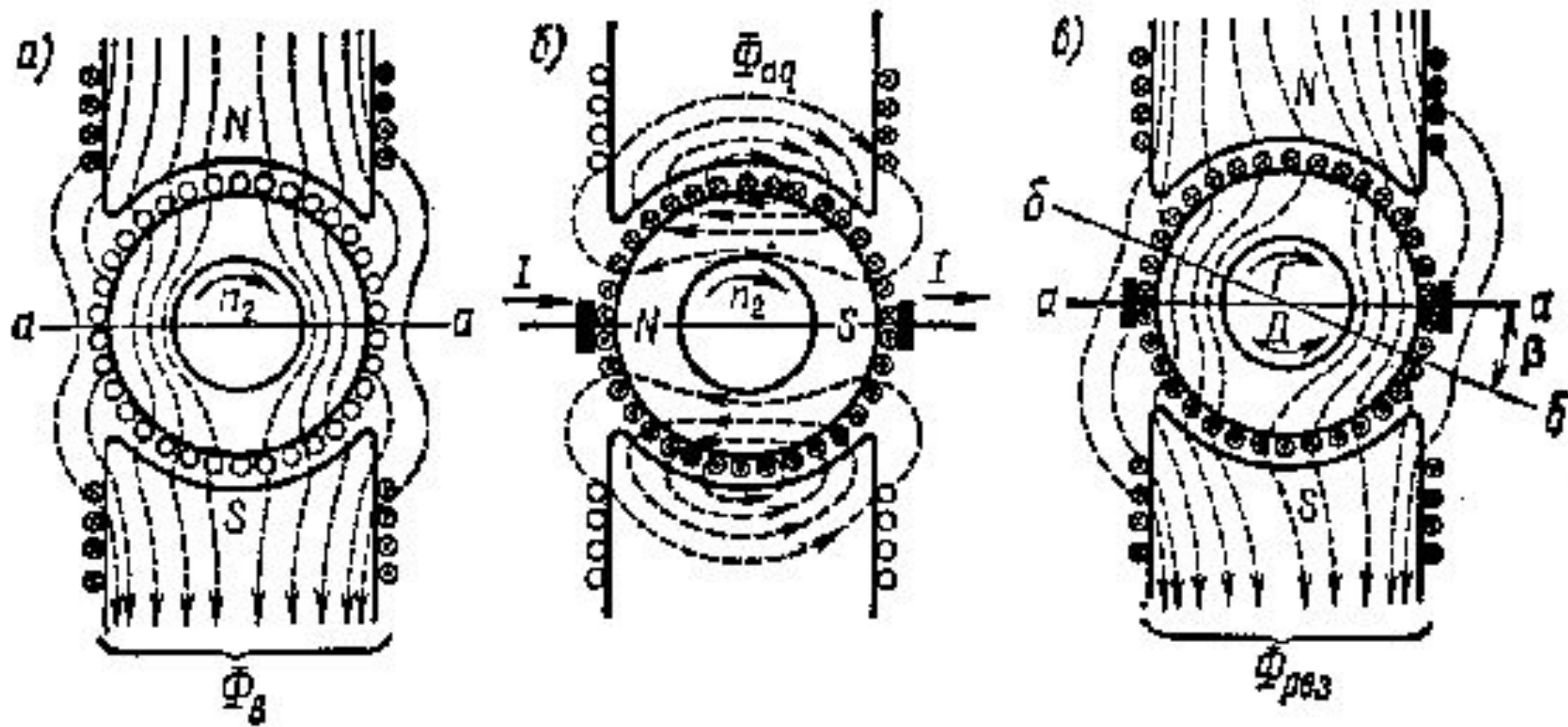
Коллектор состоит из пластин изолированных друг от друга и закреплён неподвижно на валу якоря (вращающейся части машины постоянного тока).

Щетки крепятся к станине и скользят по коллектору.

В двигательном режиме обеспечивают подвод напряжения к обмотки якоря.

В генераторном режиме обеспечивают снятия напряжения с обмотки якоря, так же выполняют роль механического выпрямителя.

Реакция якоря



Основные соотношения

Напряжение приложенное к якорю двигателя

$$U_{\text{я}} = U_{\text{я}} + U_{\text{я}}$$

ЭДС вращения

$$E = k_{\text{э}} \Phi \omega$$

Момент развиваемый двигателем

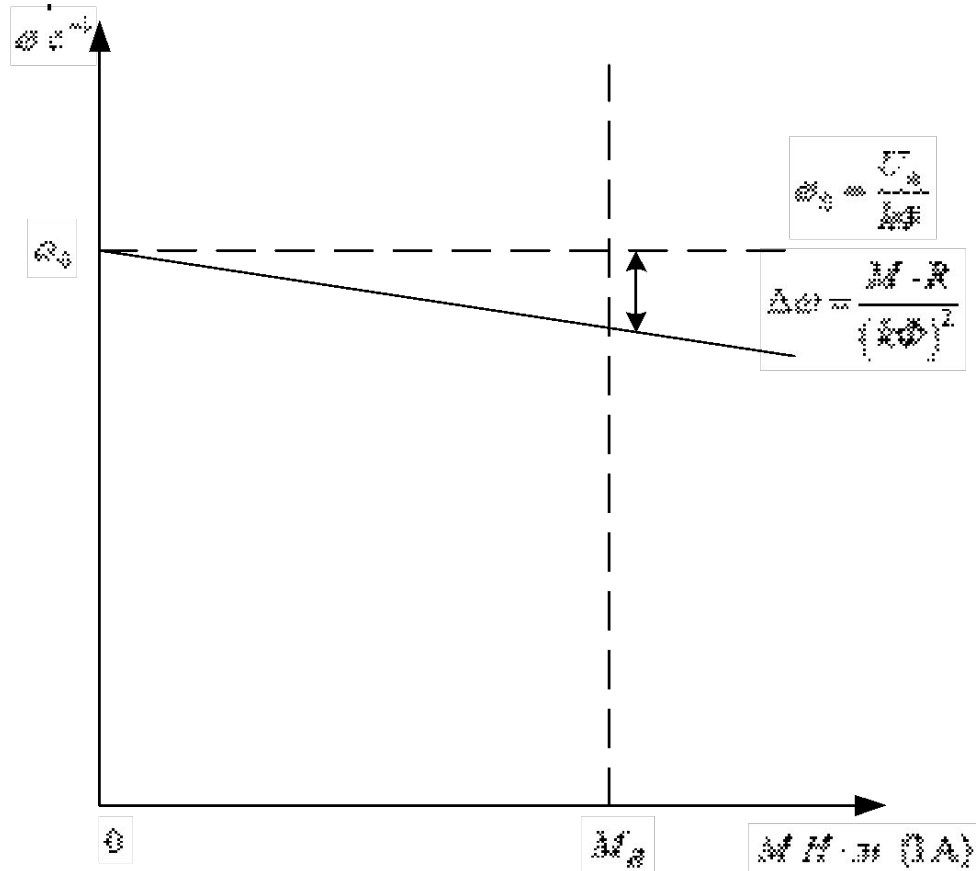
$$M = k_{\text{м}} \Phi I_{\text{я}}$$

Угловая частота вращения якоря двигателя

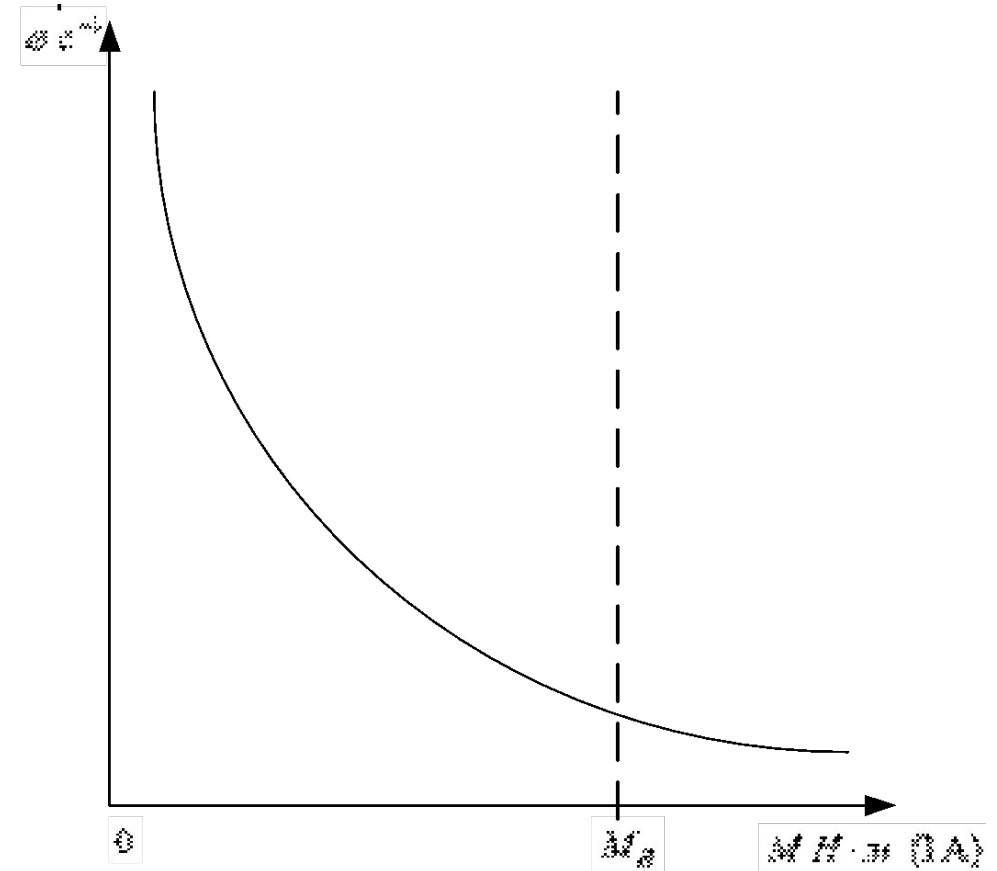
$$\omega = \frac{U_{\text{я}} - U_{\text{я}}}{k_{\text{э}} \Phi}$$

$$\omega = \frac{U_{\text{я}}}{k_{\text{э}} \Phi} - \frac{M}{k_{\text{э}} k_{\text{м}} \Phi^2}$$

Механическая характеристика двигателя постоянного тока

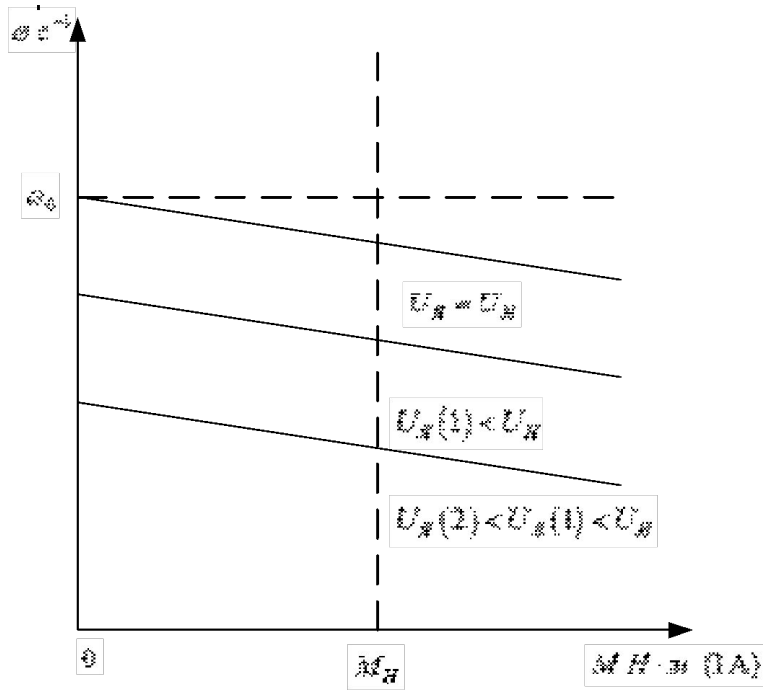


Независимого возбуждения

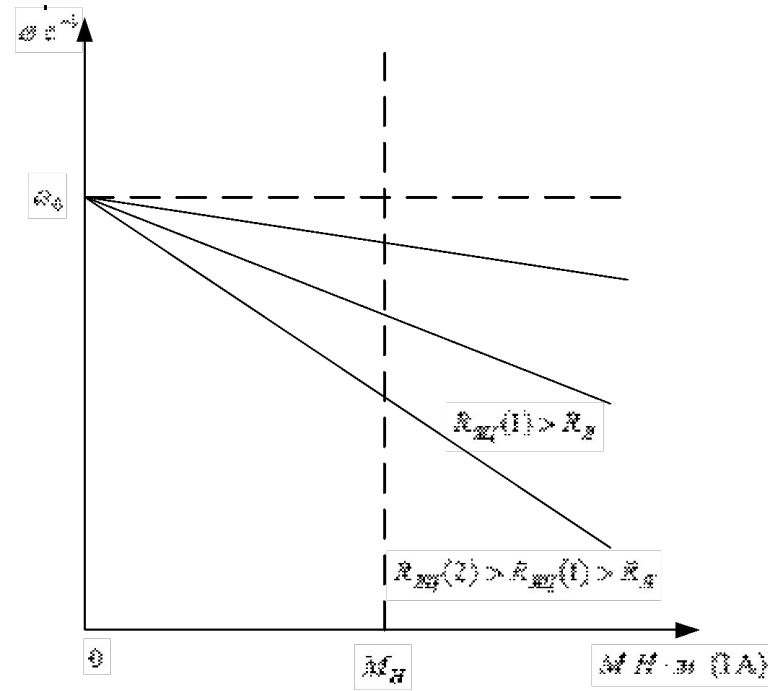


Последовательного возбуждения

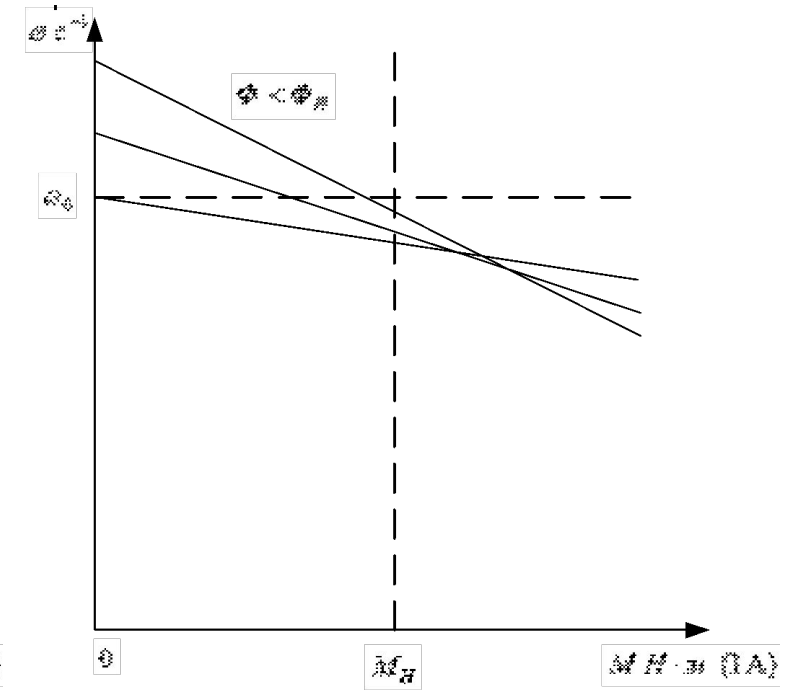
Способы регулирования скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения



Изменение напряжения на обмотки якоря.

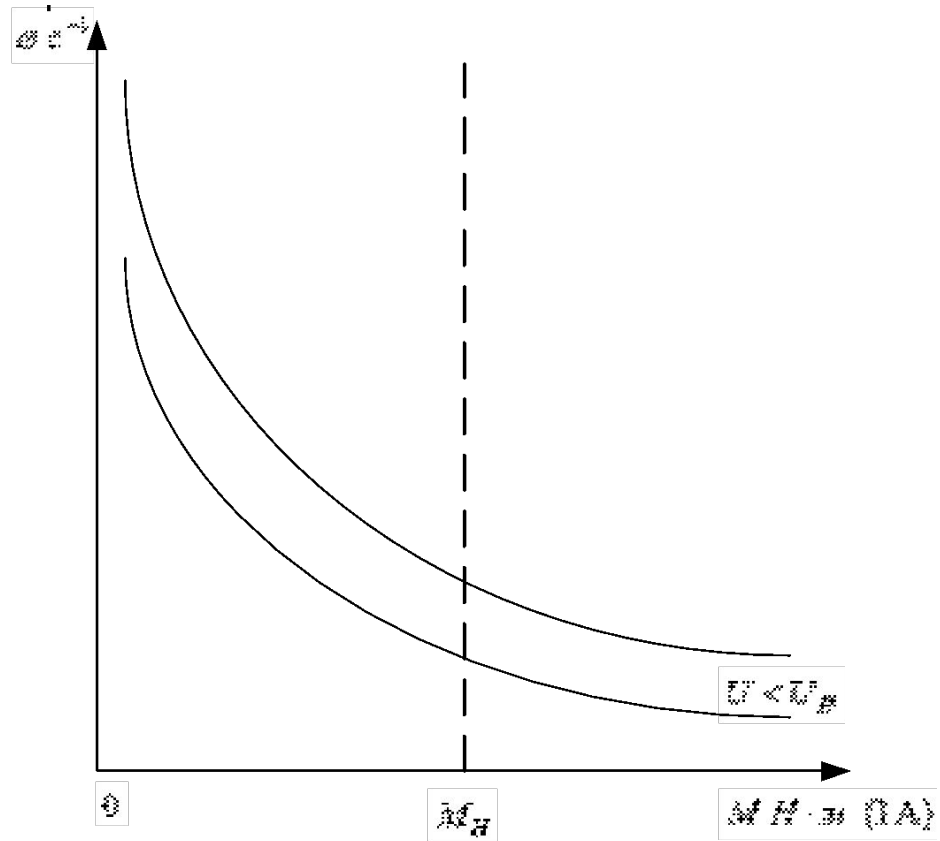


Изменением сопротивления якорной цепи.

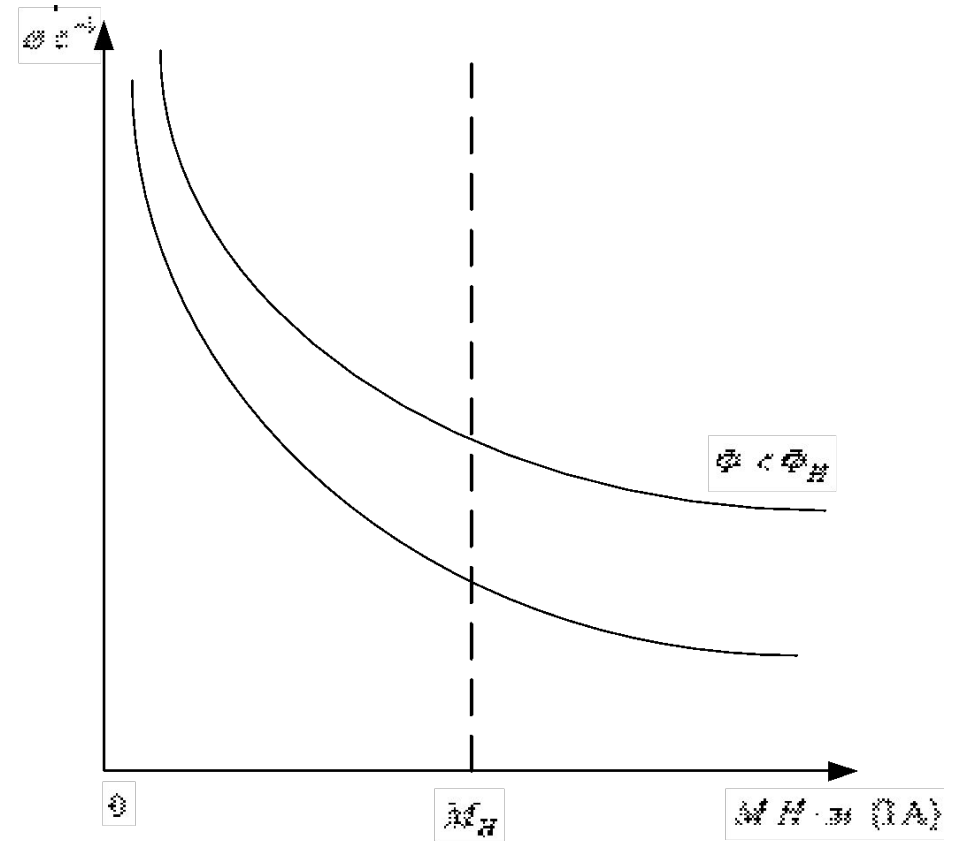


Изменением тока в обмотки возбуждения (основного магнитного потока).

Способы регулирования скорости двигателя постоянного тока последовательного возбуждения



Уменьшение напряжения



Ослаблением магнитного потока

Основной магнитный поток создается следующей обмоткой.

1. обмотка добавочных полюсов;
2. обмотка якоря;
3. компенсационная обмотка;
4. обмотка возбуждения.

Реакция якоря это.

1. воздействия поля якоря на ток якоря;
2. воздействие поля возбуждения на поле якоря;
3. воздействия поля якоря на поле возбуждения;
4. воздействие поля добавочных полюсов на поле якоря;

ЭДС индуцируется в следующей обмотки.

1. в обмотке добавочных полюсов;
2. в обмотке возбуждения;
3. в обмотки якоря;
4. в компенсационной обмотке.

Влияние реакция якоря на работу машины постоянного тока

1. снижает поток возбуждения;
2. уменьшает результирующий магнитный поток;
3. увеличивает магнитный поток якоря;
5. повышает величину электродвижущей силы в обмотке якоря.

ЭДС индуцируется в следующей обмотки
машины постоянного тока.

1. в обмотке добавочных полюсов;
2. в обмотке возбуждения;
3. в обмотке якоря;
4. в компенсационной обмотке.

Выберите уравнение для определение
магнитодвижущей силы обмотки

1. $F = U I$;
2. $F = IW$;
3. $F = W U$;
4. $F = R I^2$.

Какая обмотка присоединена к коллектору.

1. компенсационная обмотка;
2. обмотка добавочных полюсов;
3. обмотка возбуждения;
4. обмотка якоря.

Как включена компенсационная обмотка машины
постоянного тока.

1. параллельно обмотки возбуждения;
2. Последовательно с обмоткой якоря;
3. параллельно обмотки якоря;
4. последовательно с обмоткой возбуждения.

Схема включения обмотки возбуждения в генераторе параллельного возбуждения.

1. последовательно с обмоткой якоря;
2. Параллельно обмотки якоря и нагрузки;
3. параллельно обмотки якоря и последовательно с нагрузкой;
4. параллельно нагрузке и последовательно с обмоткой якоря.

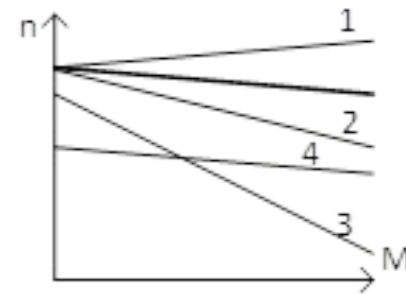
Почему режим холостого хода невозможен в двигателях последовательного возбуждения.

1. из-за большого тока в цепи якоря;
2. из-за большого вращающего момента;
3. из-за большого магнитного потока обмотки возбуждения;
4. из-за слабого магнитного потока обмотки возбуждения.

Ток в двигателе с параллельным возбуждением вычисляется по следующему выражению.

1. $I = I_a - I_B$;
2. $I = I_a + I_B$;
3. $I = I_a$;
4. $I = I_a - 2I_B$.

Выбрать характеристику соответствующую реостатному способу регулирования. Выделена естественная характеристика.



Минимальный набор контрольных вопросов

1. Классификация машин постоянного тока по способу возбуждения;
2. Для чего предназначена обмотка возбуждения;
3. Для чего предназначен добавочный полюс и как он подключен к якорной цепи;
4. Для чего предназначена компенсационная обмотка и как она подключена к якорной цепи;
5. Основные элементы конструкции коллекторно-щеточного узла и их назначение;
6. Что такое реакция якоря машины постоянного тока.
7. Способы борьбы с реакцией якоря.
8. Дать определение внешней характеристики генератора постоянного тока;
9. Дать определение механической характеристики двигателя постоянного тока;
10. Уравнение для определения напряжения на якоре генератора постоянного тока;
11. Уравнение для определения напряжения на якоре двигателя постоянного тока;
1. Уравнение для определения тока якоря двигателя постоянного тока;
2. Способы пуска двигателя постоянного тока;
3. Уравнение для определения угловой частоты вращения якоря двигателя постоянного тока;
4. способы регулирования угловой частоты вращения якоря двигателя постоянного тока;
5. Уравнение для определения вращающегося момента на валу двигателя;
6. Что такое коэффициент полезного действия;
7. Номинальные данные машины постоянного тока;
8. Электромеханическая характеристика двигателя последовательного возбуждения;
9. Каким образом возможно изменить направление вращения якоря двигателя постоянного тока;
10. Тормозные режимы работы двигателя постоянного тока;
11. Что такое жесткость электромеханической характеристики и от чего она зависит.

Трансформаторы

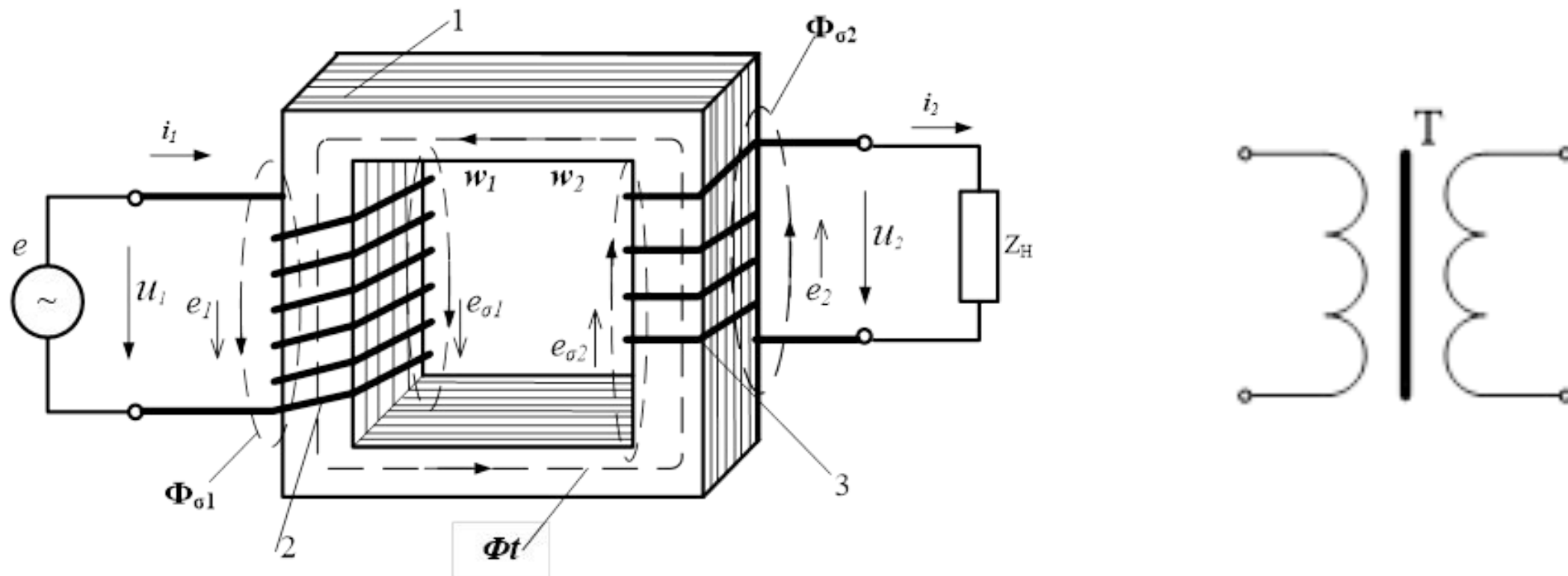
Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.

В основе принципа действия трансформатора лежит закон электромагнитной индукции.

$$e = B \cdot l \cdot v$$

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Устройство однофазного двухобмоточного трансформатора

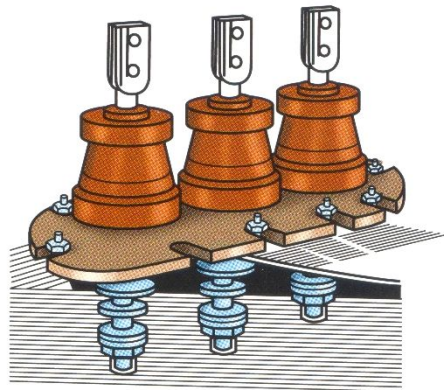
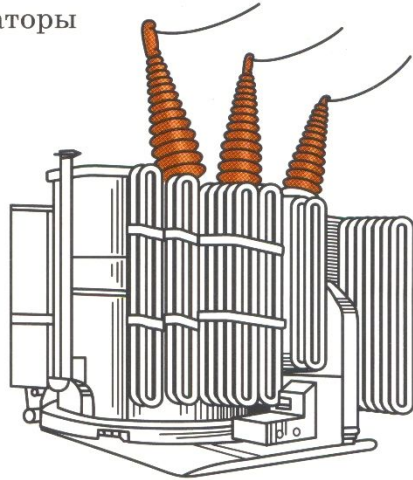
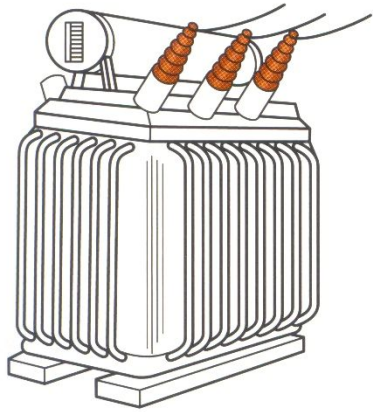


1 – магнитопровод трансформатора.

2, 3 – первичная и вторичная обмотки трансформатора.

Элементы конструкции масляного трансформатора

Трансформаторы



при больших токах

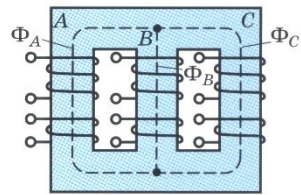
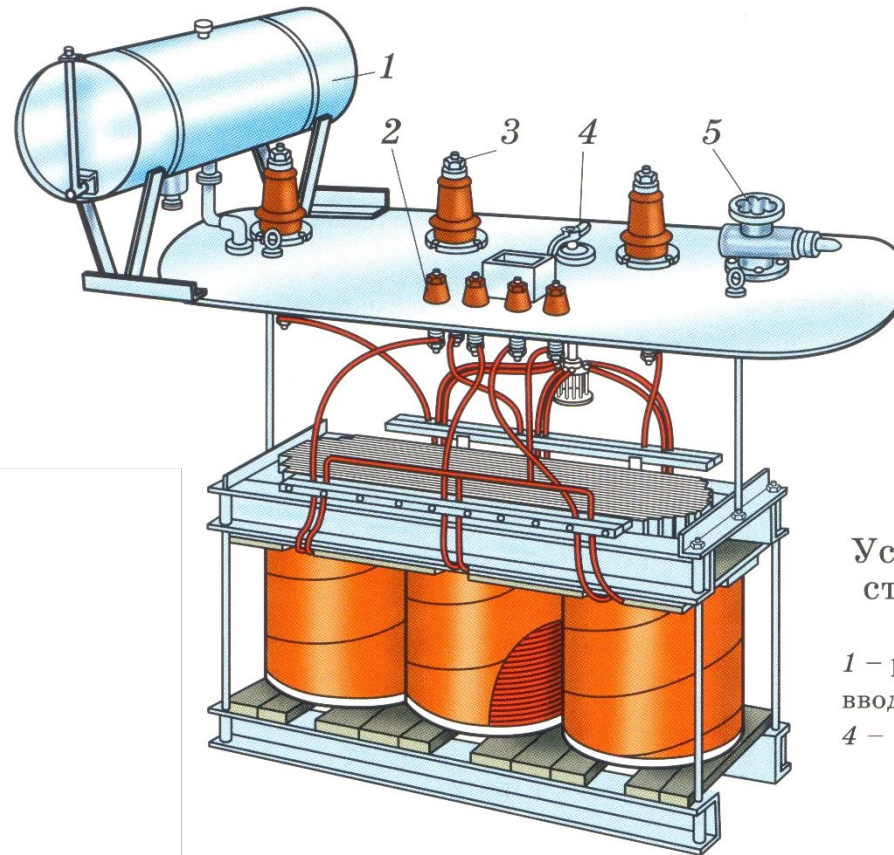


Схема устройства
трехфазного
трансформатора



Устройство выемной части
стержневого трехфазного
трансформатора:

1 – расширитель; 2 – низковольтные
вводы; 3 – высоковольтные вводы;
4 – переключатель; 5 – кран для за-
ливки масла

Принцип действия трансформатора основные уравнения

$$\Phi = \Phi_{\text{МДС}} \sin \omega t \rightarrow i_1 = I_m \sin(\omega t - \varphi) \rightarrow F = i_1 W_1 \rightarrow \dots = \cos \omega$$

$$\rightarrow e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\rightarrow e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

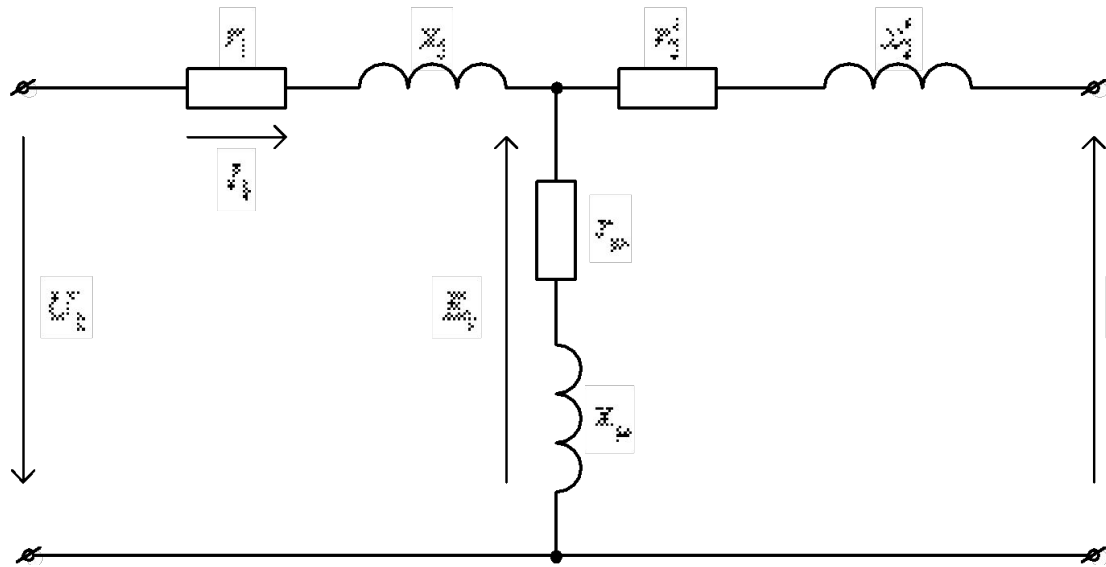
Действующее значение ЭДС первичной и вторичной обмоток

$$E_1 = 4.44 \cdot f \cdot W_1 \cdot \Phi_m \quad E_2 = 4.44 \cdot f \cdot W_2 \cdot \Phi_m$$

Уравнение электрического равновесия и коэффициент трансформации

$$u_1 = i_1 \cdot r_1 + W_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

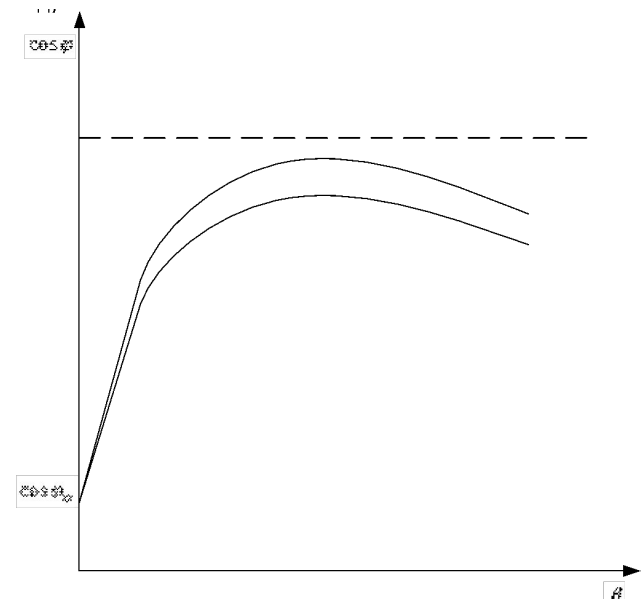
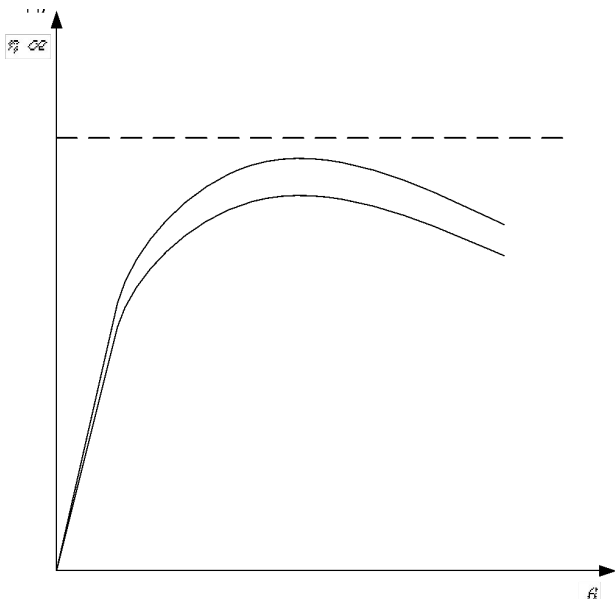
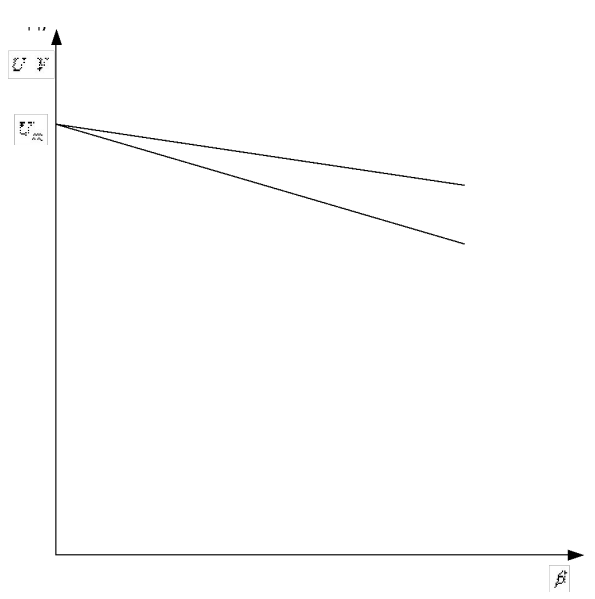
Схема замещения трансформатора и характеристики трансформатора



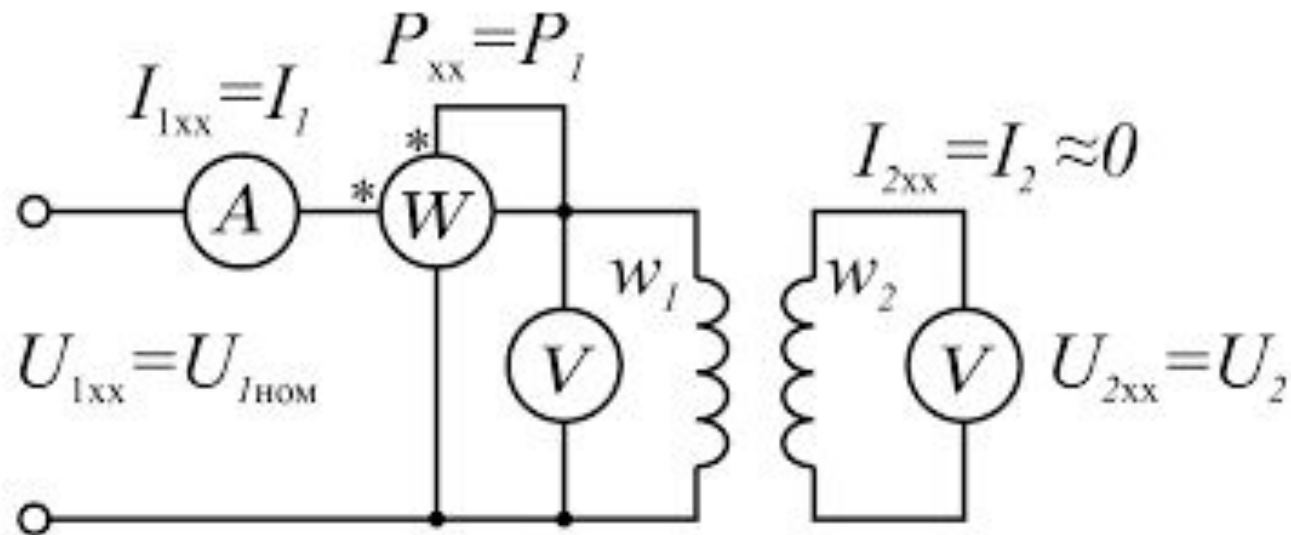
r_1, r_2' — Активное сопротивление первичной обмотки по постоянному току и активное сопротивление вторичной обмотки приведённое к первичной

x_1, x_2' — Индуктивное сопротивление первичной обмотки и индуктивное сопротивление вторичной обмотки приведённое ко вторичной

r_μ, x_μ — Активное и индуктивное сопротивления цепи намагничивания



Опыт холостого хода трансформатора

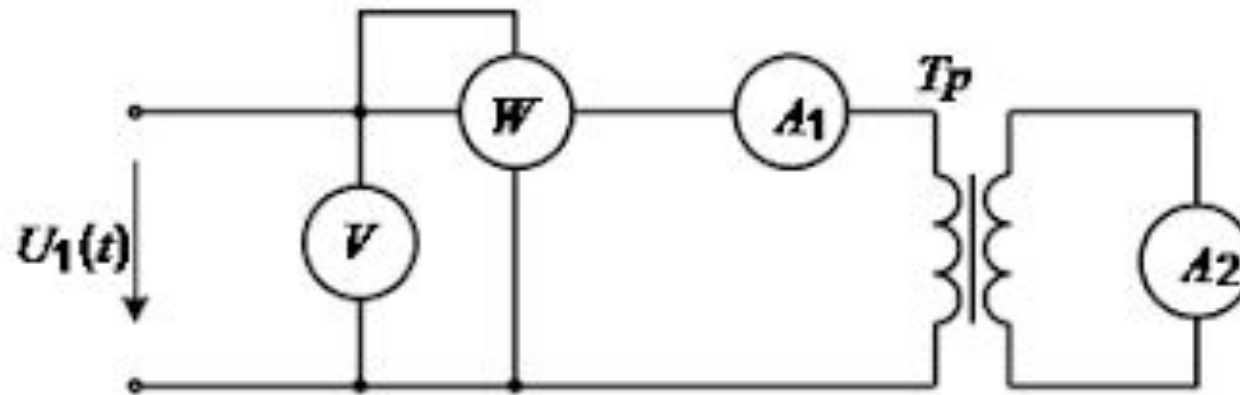


Опыт холостого хода трансформатора проводится при разомкнутой вторичной обмотки и при номинальном напряжении на первичной обмотки.

Током холостого хода называется ток первичной обмотки при разомкнутой вторичной при номинальном напряжении на первичной обмотки, в паспортных данных указывается в процентах от номинального тока первичной обмотки.

Из опыта холостого хода определяется ток холостого хода, коэффициент трансформации, потери в магнитопроводе трансформатора(магнитные потери).

Опыт короткого замыкания трансформатора



Опыт короткого замыкания трансформатора проводится при замкнутой накоротко вторичной обмотки и при пониженном напряжении на первичной обмотки.

Напряжением короткого замыкания называется напряжение на первичной обмотки при замкнутой накоротко вторичной обмотки когда по обмоткам протекают номинальные токи, в паспортных данных указывается в процентах от номинального напряжения первичной обмотки.

Из короткого замыкания определяются напряжение короткого замыкания и электрические потери в первичной и вторичных обмотках.

Функции выполняемые первичной обмоткой трансформатора

1. повышения напряжения;
2. создания магнитного потока;
3. усиления магнитной связи между обмотками;
4. подключения нагрузки.

Как изменяется основной магнитный поток трансформатора переходе от режима холостого хода к номинальному режиму:

1. увеличивается;
2. остается неизменным;
3. уменьшается;
4. другой вариант.

Число витков обмотки W_1 для трансформатора если $U_1=40$ В, $U_2=80$ В, $W_2=100$ витков.

1. 200 витков;
2. 50 витков;
3. 300 витков;
4. 4 витка.

Из опыта холостого хода в трансформаторе определяются следующие потери.

1. электрические потери в первичной обмотке;
2. Потери магнитные;
3. механические потери;
4. общие электрические потери.

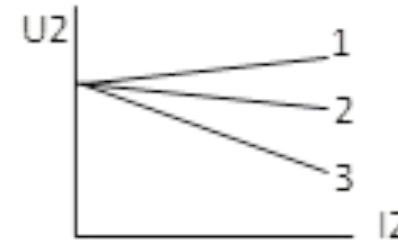
В режиме холостого хода трансформатора:

1. ток в первичной обмотке равен нулю;
2. ток во вторичной обмотке равен нулю;
3. напряжение в первичной обмотке максимально;
4. напряжение в первичной обмотке равно нулю.

Из опыта короткого замыкания трансформатора определяются следующие потери.

1. потери магнитные;
2. общие электрические потери в обмотках трансформатора;
3. электрические потери в первичной обмотке;
4. механические потери;

Внешняя характеристика трансформатора при активной нагрузке, выбрать ответ.



1. 1;
2. 3;
3. 2;
4. все три.

Как проявляют себя электрические потери в трансформаторе.

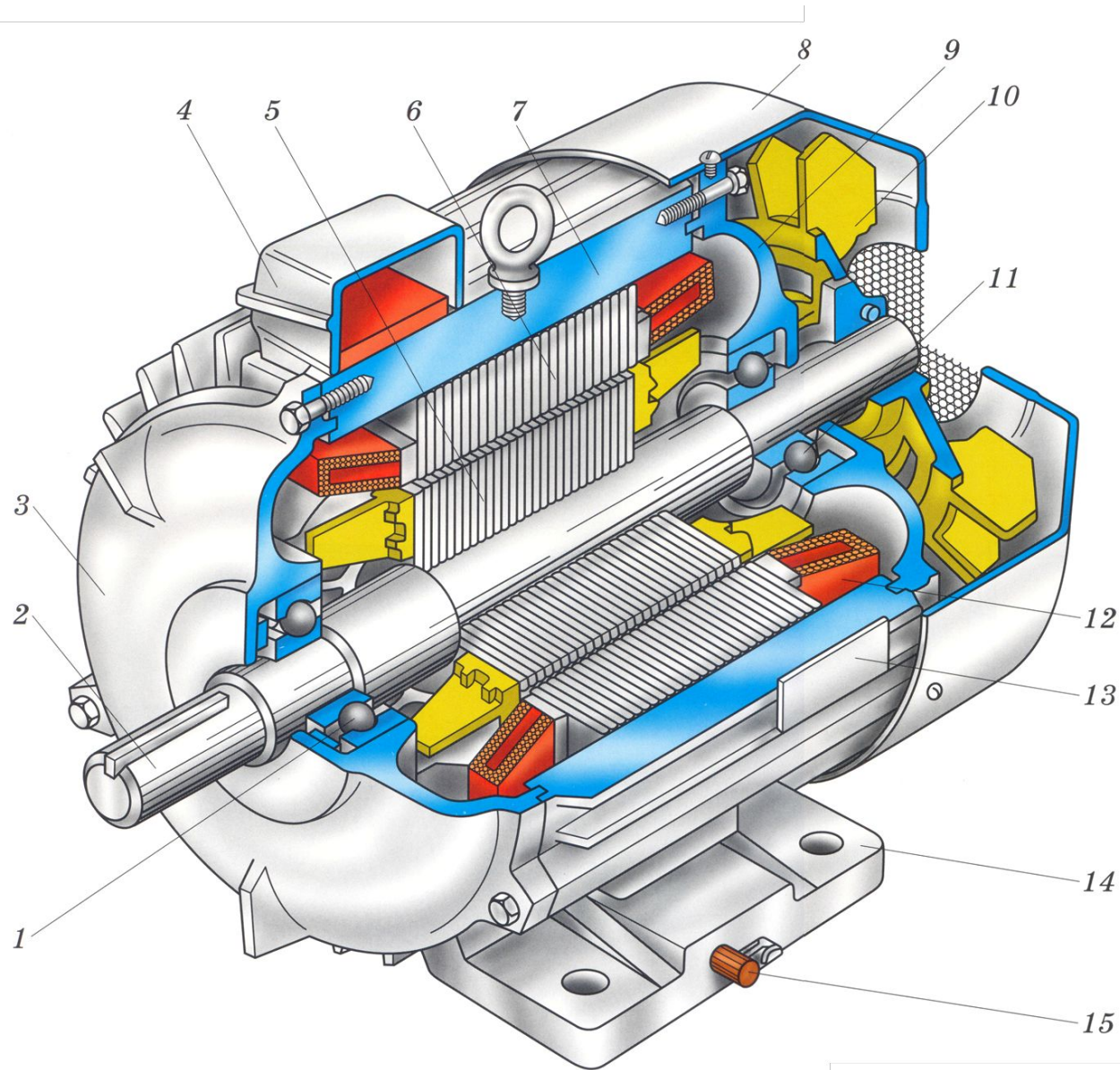
1. создание потоков рассеяния;
2. нагрев катушек трансформатора;
3. нагрев магнитопровода;
4. повышение эффективности работы.

Минимальный набор контрольных вопросов

1. Основные элементы конструкции силового трансформатора;
2. Какую функцию выполняет магнитопровод в трансформаторе;
3. Назначение первичной обмотки силового трансформатора;
4. Номинальные (паспортные) данные трансформатора;
5. Внешняя характеристика трансформатора;
6. Как зависит внешняя характеристика трансформатора от характера нагрузки;
7. Уравнение электрического равновесия трансформатора;
8. Зависимость КПД трансформатора от нагрузки и её характера;
9. Что такое коэффициент трансформации трансформатора;
10. Виды потерь в трансформаторе;
11. Опыт холостого хода трансформатора;

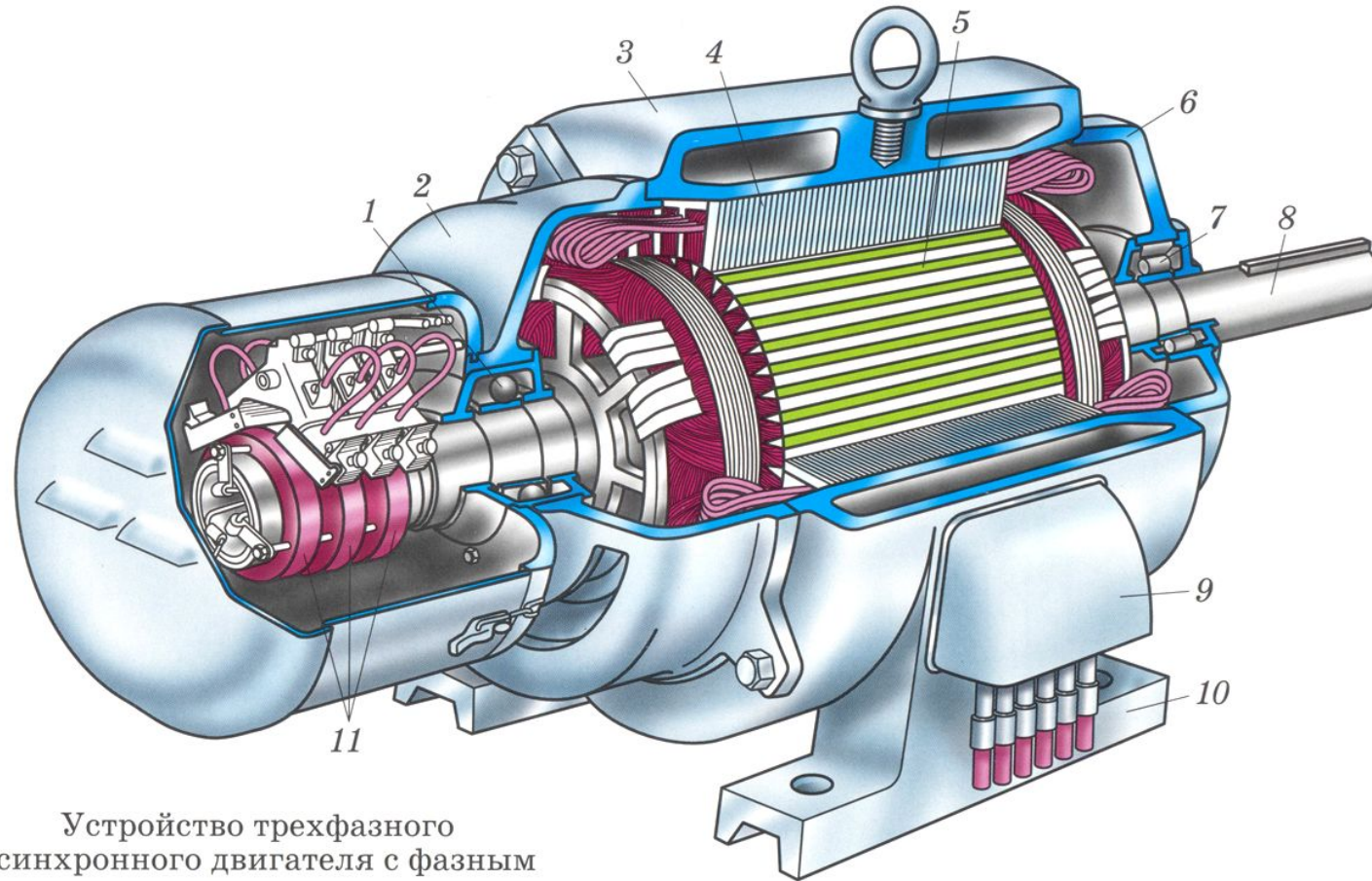
1. Какие потери определяются из опыта холостого хода;
2. Что такое ток холостого хода трансформатора;
3. Опыт короткого замыкания;
4. Какие потери определяются из опыта короткого замыкания;
5. Что такое напряжение короткого замыкания;
6. Какие потери определяются из опыта короткого замыкания трансформатора;
7. При каких условиях значения КПД трансформатора становятся максимальными;
8. Параллельная работа трансформаторов;
9. Группы соединения обмоток трансформатора;
10. Сколько групп соединения трехфазных трансформаторов существует.

Асинхронная машина с к.з.р.



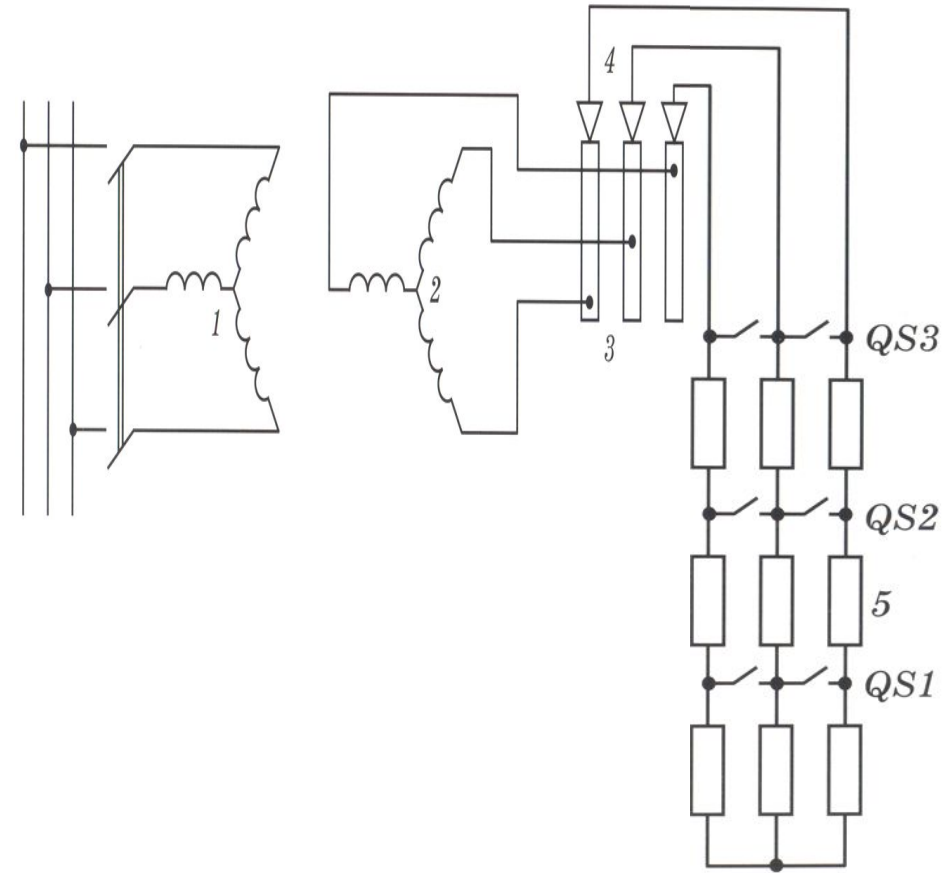
- 1 – подшипник;
- 2 – вал;
- 3 – подшипниковый щит;
- 4 – коробка выводов;
- 5 – сердечник ротора с короткозамкнутой обмоткой;
- 6 – сердечник статора с обмоткой;
- 7 – корпус;
- 8 – кожух вентилятора;
- 9 – подшипниковый щит;
- 10 – вентилятор;
- 11 – подшипник;
- 12 – обмотка статора;
- 13 – табличка с паспортными данными;
- 14 – лапы;
- 15 – болт заземления

Асинхронная машина с ф.з.р.

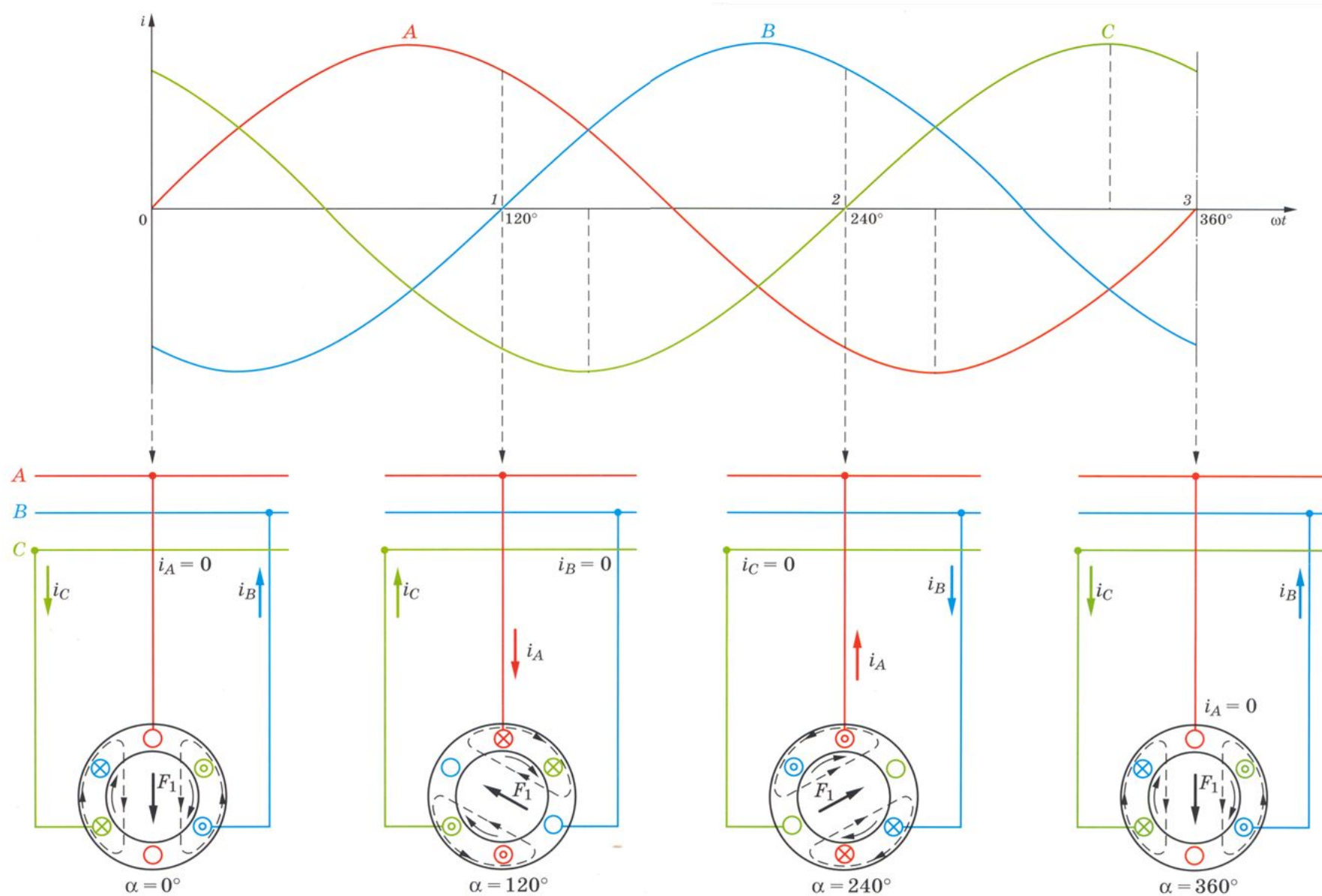


Устройство трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором:

1, 7 – подшипники; 2, 6 – подшипниковые щиты;
 3 – корпус; 4 – сердечник статора с обмоткой;
 5 – сердечник ротора; 8 – вал; 9 – коробка выводов;
 10 – лапы; 11 – контактные кольца



Образование вращающегося магнитного поля



Положения векторов МДС статора в разные промежутки времени волновой диаграммы токов

Принцип действия АД с к.з.р.

$$\left. \begin{array}{l} u_A = U_{Am} \sin(\omega t) \\ u_{BEX} = U_{Bm} \sin(\omega t - 120^\circ) \\ u_C = U_{Cm} \sin(\omega t + 120^\circ) \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} i_A = I_{Am} \sin(\omega t - \varphi) \\ i_B = I_{Bm} \sin(\omega t - 120^\circ - \varphi) \\ i_C = I_{Cm} \sin(\omega t + 120^\circ - \varphi) \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \varphi = \Phi_m \cos(\omega t) \\ \omega_0 = \frac{2\pi f}{p} \end{array} \right\} \rightarrow e_c = -W_c \frac{d\Phi}{dt} \rightarrow i_c = I_{cm} \sin(\omega t - \phi) \rightarrow F \rightarrow \omega$$

Момент развиваемый АД

$$M_{эм} = \frac{m \cdot p \cdot U_\phi^2 \cdot \frac{r'_2}{s}}{\omega_0 \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]}$$

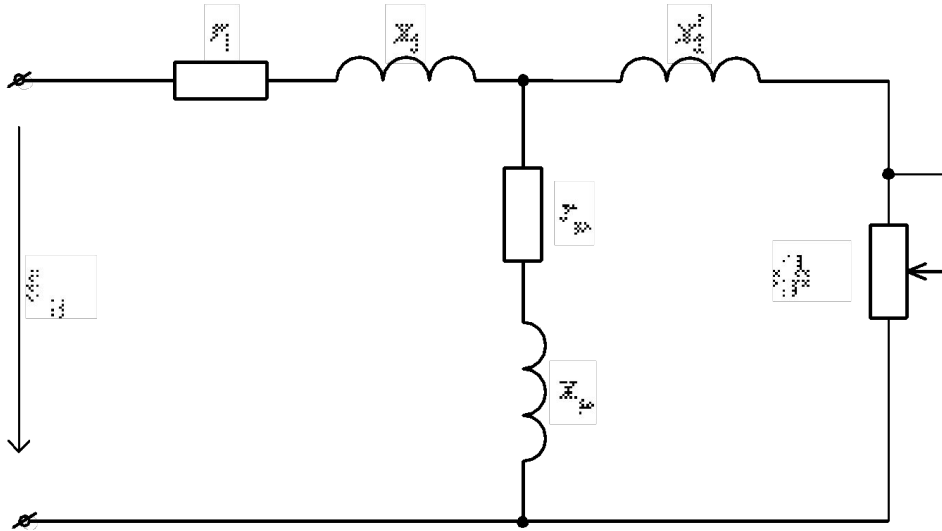
где

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \quad \omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$$

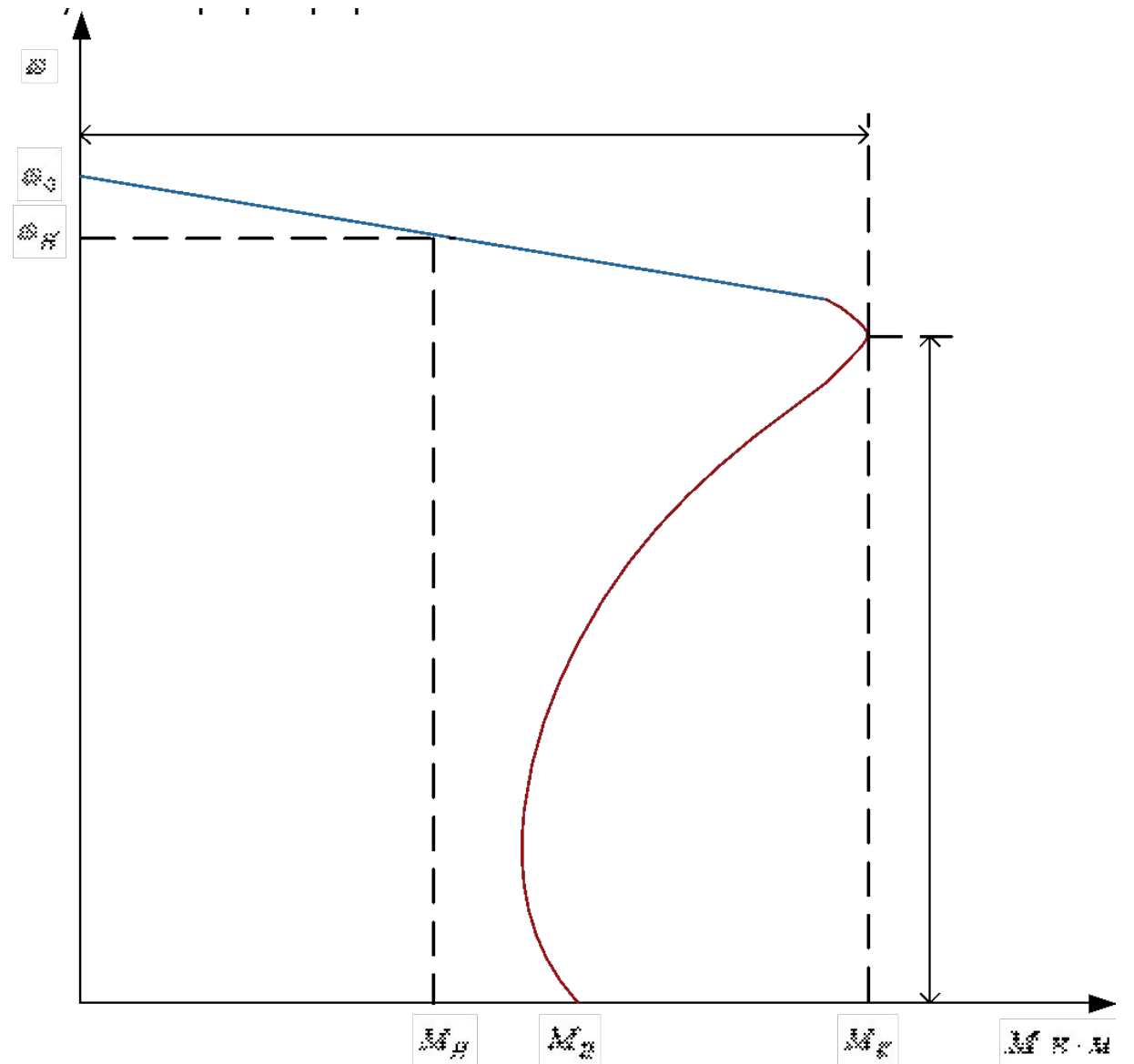
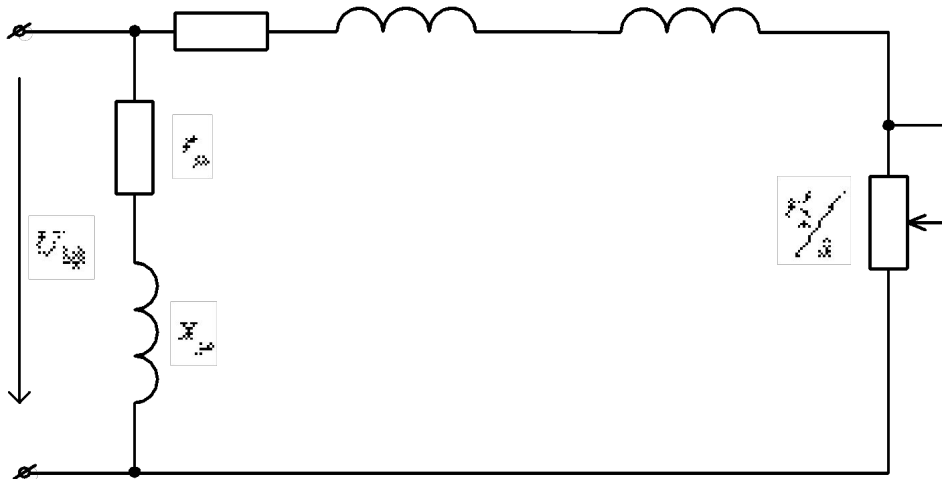
r, r'_2, X_1, x'_2 — параметры схемы замещения

Схемы замещения и электромеханическая характеристика АД

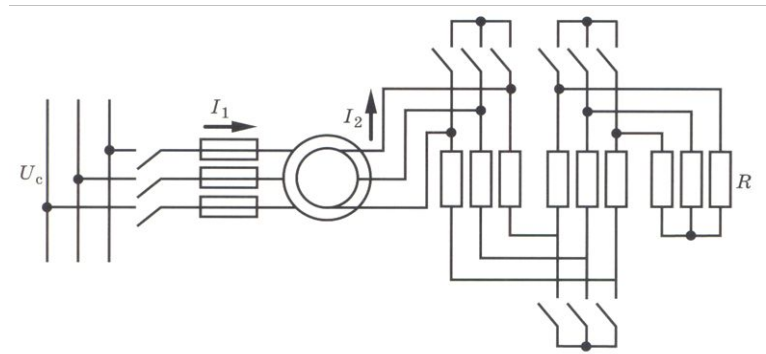
Т – образная схема замещения



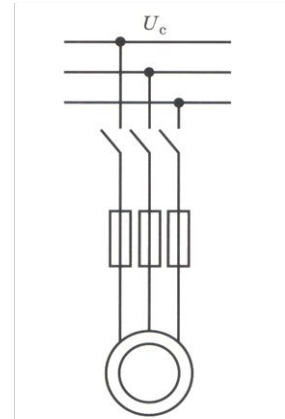
Г – образная схема замещения



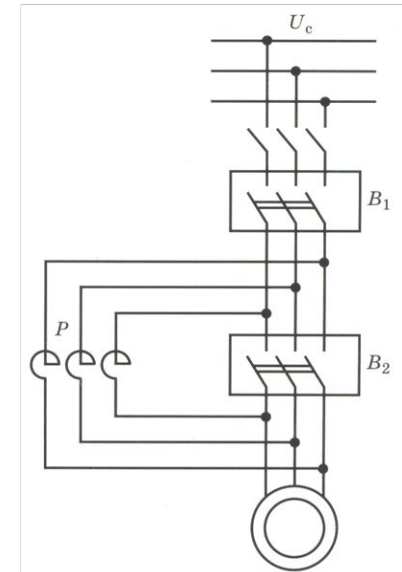
Пуск асинхронного двигателя



Пуск в ход асинхронного двигателя с фазным ротором



Прямое включение в сеть



Реакторный пуск асинхронного двигателя

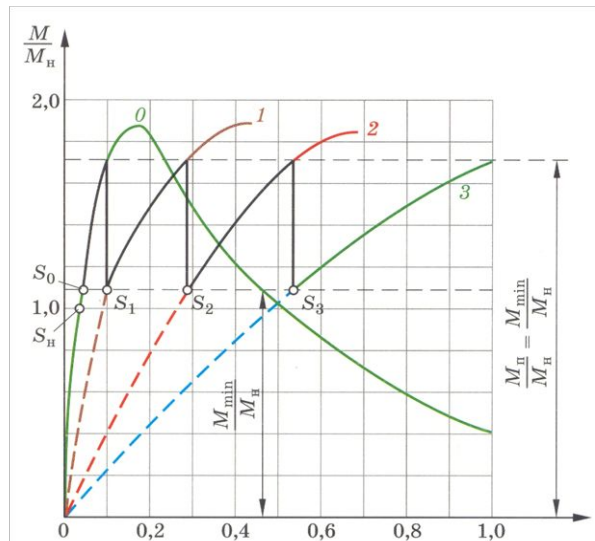
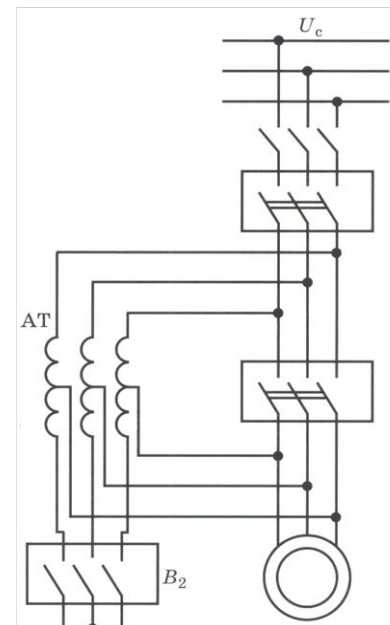
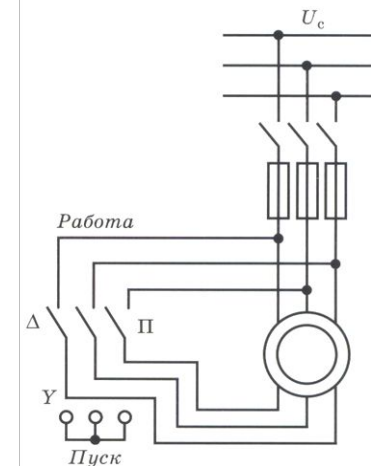


График изменения пускового момента асинхронного двигателя с фазным ротором при четырех ступенях пускового реостата



Пуск в ход с помощью трехфазного автотрансформатора АТ



Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя переключением обмоток статора со «звезды» на «треугольник»

Прямой пуск асинхронного двигателя это.

1. непосредственное подключение обмотки статора к сети;
2. включении в цепь ротора сопротивлений;
3. подключение обмотки статора через реактор;
4. включение на минимальное напряжение.

Пуска асинхронного двигателя при пониженном напряжении имеет следующие недостатки

1. большое значение пускового тока;
2. снижение максимального и пускового моментов;
3. малое время пуска;
4. другой недостаток.

При частотном регулировании скорости асинхронного двигателя изменяются следующие величины

1. частота и ток;
2. частота и момент на валу;
3. частота;
4. частота и напряжение.

Как изменить направление вращения асинхронного двигателя

1. изменить направления тока в обмотке статора;
2. изменить направления питающего напряжения;
3. изменить направления вращения магнитного поля;
4. изменить направления скольжения.

Синхронная частота вращения магнитного поля статора у асинхронного двигателя с $p = 3$ при $f = 50$ Гц?

1. 1000 об/мин;
2. 1750 об/мин;
3. 3000 об/мин;
4. 1500 об/мин.

Частота вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя равна

1. $n_1 = 60 / p$;
2. $n_1 = 60 f_1 / p$;
3. $n_1 = 30 f_1 / p$;
4. $n_1 = f_1 / p$.

Скольжение определяется по уравнению

1. $s = n_1 - n$;
2. $s = (n_1 - n) / n_1$;
3. $s = (n - n_1) / n_1$;
4. $s = (n_1 - n) / n$;

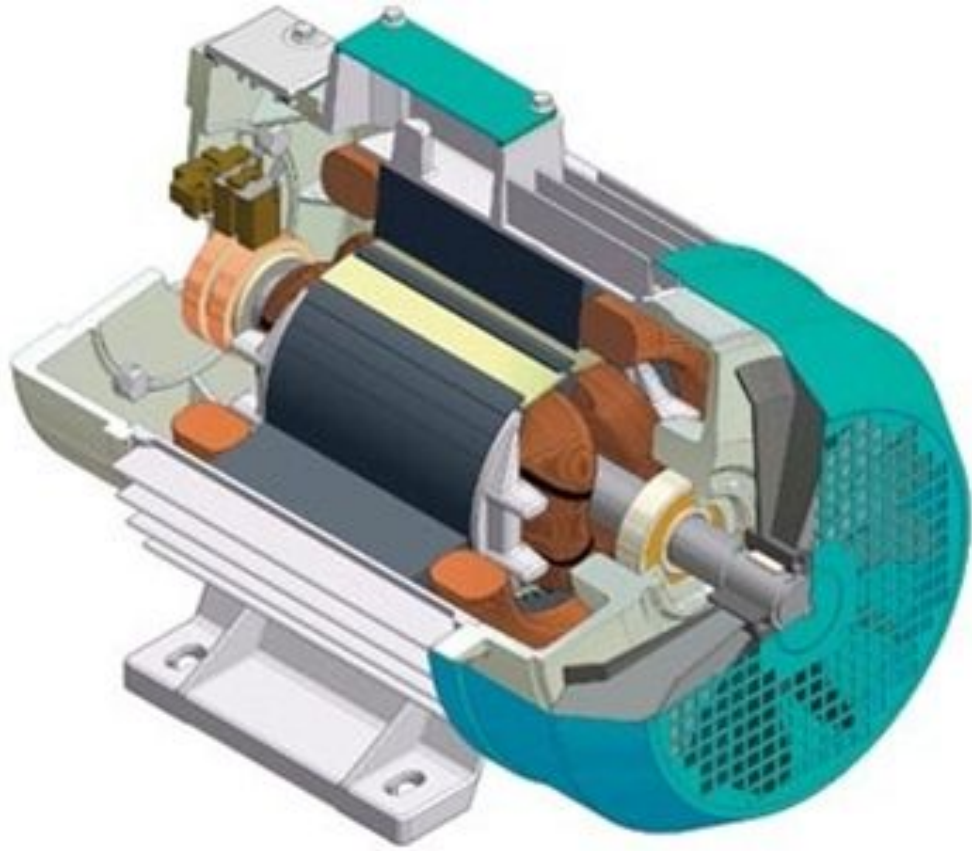
Пуск при пониженном напряжении путем переключения схемы обмотки статора

1. переключением с пускового Δ на рабочую Y ;
2. подключение обмотки статора через реактор;
3. переключением с пусковой Y на рабочий Δ ;

Минимальный набор контрольных вопросов

1. Основные элементы конструкции асинхронной машины;
 2. Что такое скольжение;
 3. Номинальные данные асинхронной машины;
 4. Электромеханическая характеристика асинхронной машины;
 5. Область изменения скорости и скольжение в генераторном режиме работы асинхронной машины;
 6. По какому выражению определяется синхронная частота вращения;
 7. Способы пуска асинхронного двигателя;
 8. Особенности прямого пуска асинхронного двигателя;
 9. Особенности пуска при пониженном напряжении;
 10. Реостатный способ пуска двигателя с фазным ротором;
 11. Способы регулирования угловой частоты вращения ротора асинхронного двигателя.
1. изменение частоты вращения при регулировании скорости асинхронного двигателя включением реостата в цепь ротора;
 2. как изменить направление вращения ротора асинхронного двигателя;
 3. Величина кратности пускового тока при прямом пуске асинхронной машины;

Синхронные машины



Синхронные машины используются как правило в генераторном режиме работы.

Обмотка возбуждения находится на вращающейся части синхронной машины, называется индуктор. Индуктор подключен к источнику постоянного напряжения через два контакта кольца и щетки неподвижно закрепленные на станине.

Неподвижная часть синхронной машины называется якорем. В генераторном режиме с якоря синхронной машины снимается трехфазное переменное напряжение. В двигательном режиме к якорю синхронной машины подводится трехфазное переменное напряжение.

Конструкция турбогенератора

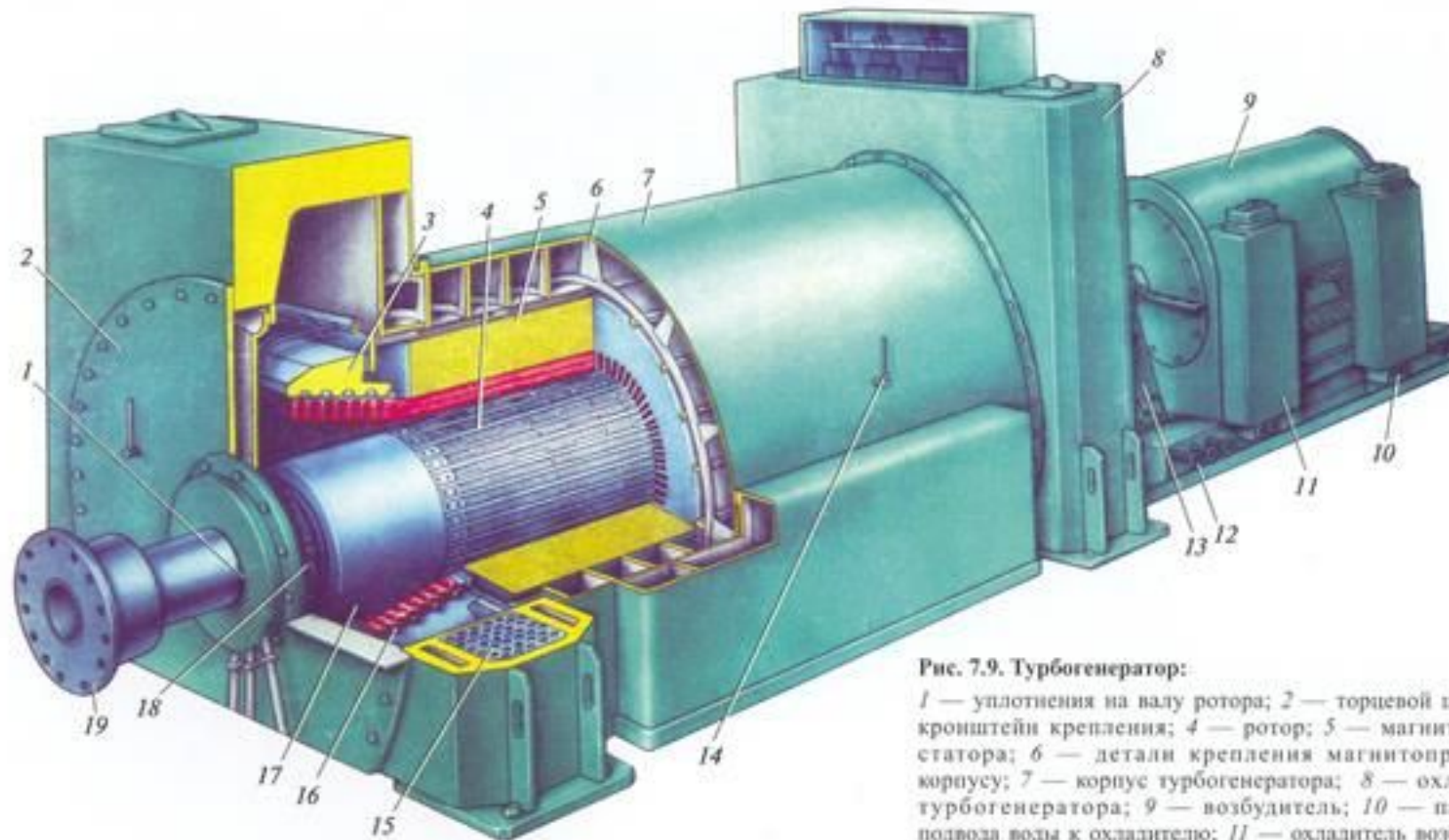
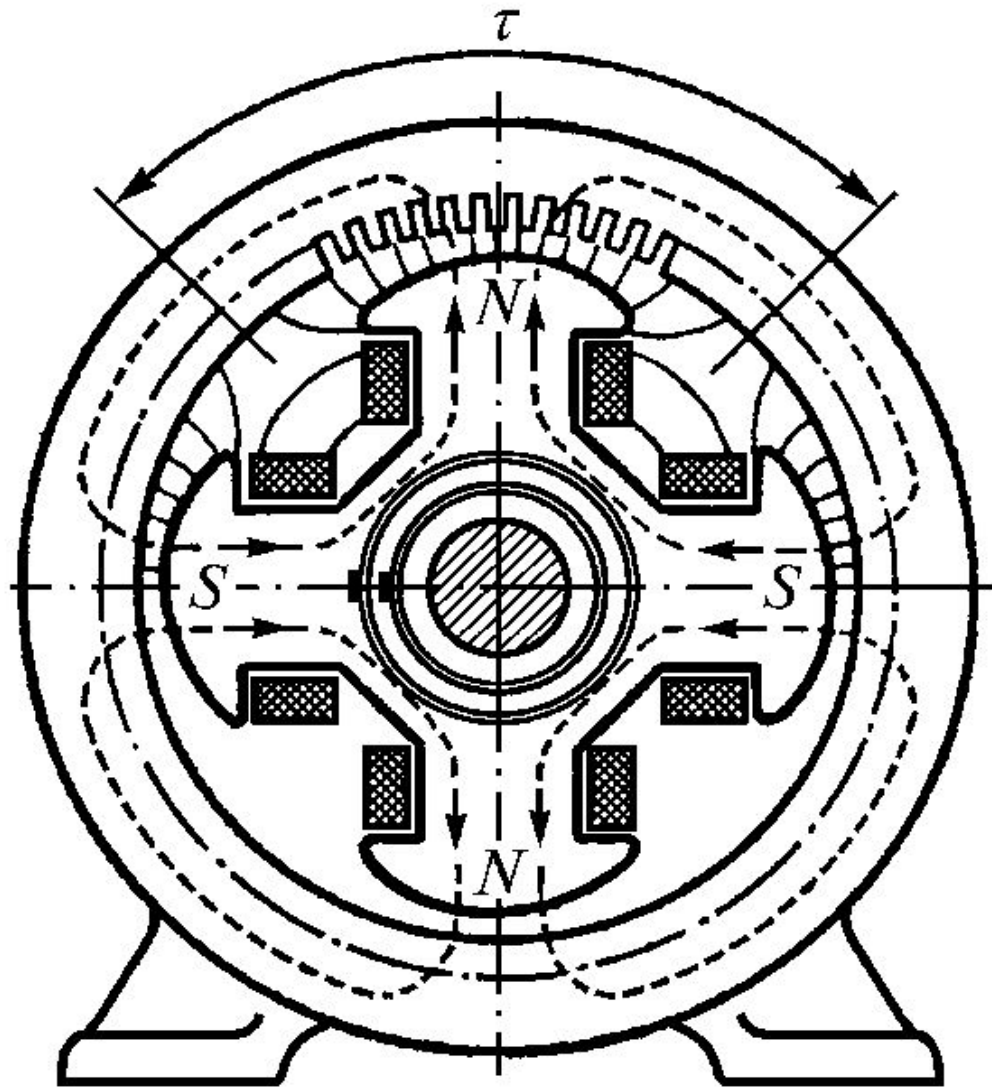


Рис. 7.9. Турбогенератор:

1 — уплотнения на валу ротора; 2 — торцевой щит; 3 — кронштейн крепления; 4 — ротор; 5 — магнитопровод статора; 6 — детали крепления магнитопровода к корпусу; 7 — корпус турбогенератора; 8 — охладитель турбогенератора; 9 — возбудитель; 10 — пат-рубок подвода воды к охладителю; 11 — охладитель возбудителя; 12 — маслопровод к подшипнику; 13 — стойка подшипника; 14 — термометр; 15 — трубки для циркуляции воды в охладителе; 16 — бандажные кольца обмотки статора; 17 — бандажное кольцо ротора; 18 — центробежный вентилятор; 19 — фланец для соединения вала ротора с турбиной



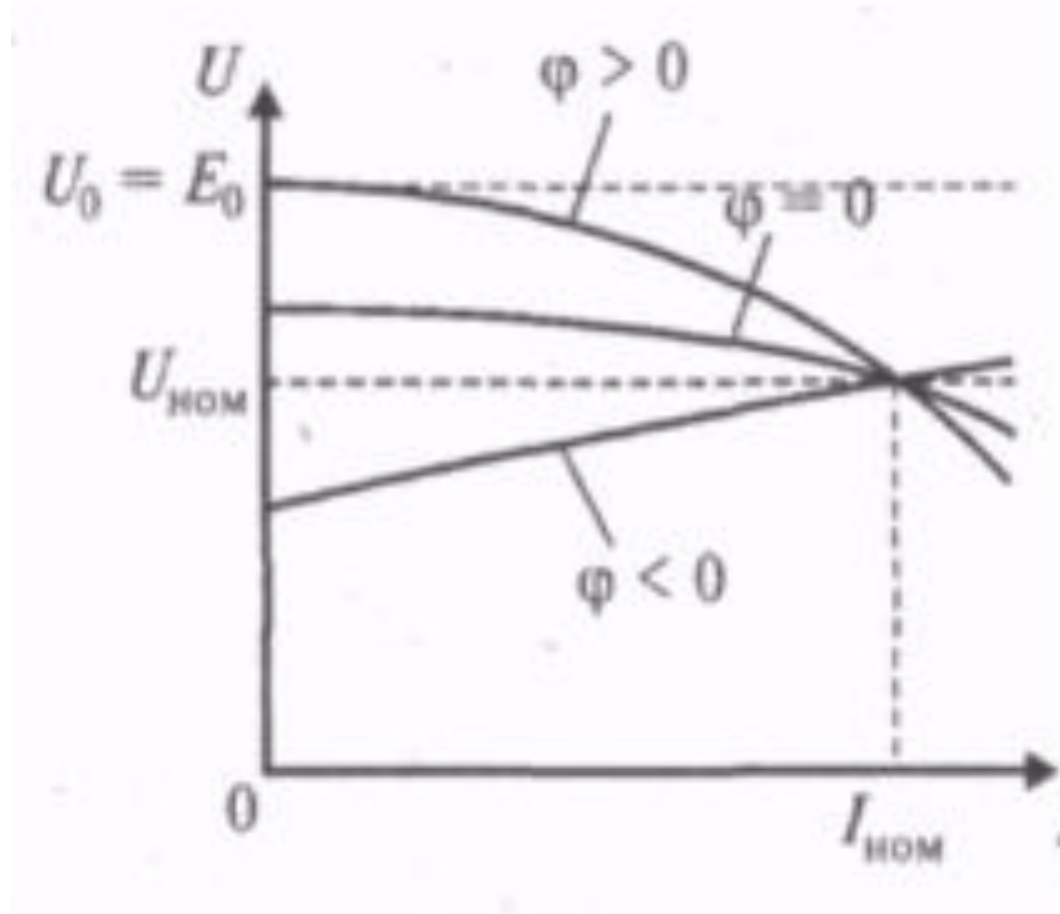
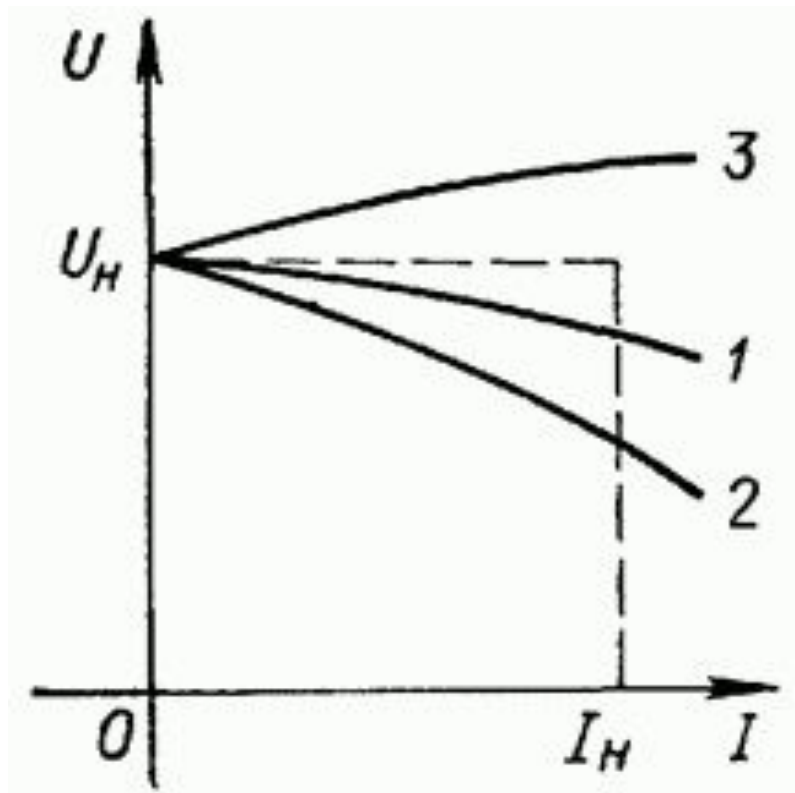
$f_1 = pn_2/60$ – частота напряжения индуцируемого в обмотках статора.

1. ротор машины, работающей как в двигательном, так и в генераторном режимах, вращается с постоянной частотой, равной частоте вращающегося магнитного поля, т.е. $n_2 = n_1$;

2. частота изменения э. д. с. E , индуцируемой в обмотке якоря, пропорциональна частоте вращения ротора;

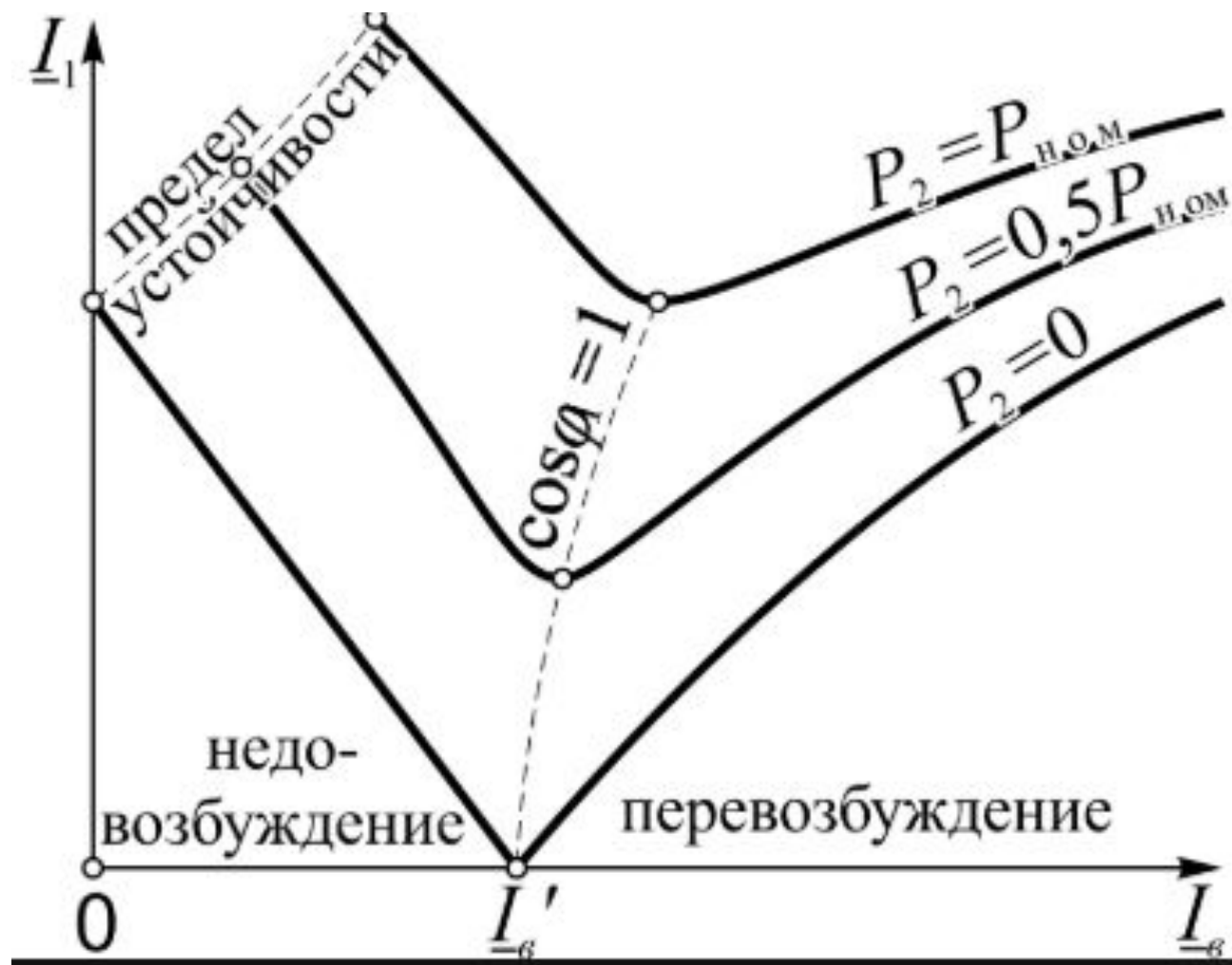
3. в обмотке ротора э. д. с. не индуцируется, а ее м. д. с. определяется только током возбуждения и не зависит от режима работы.

Внешняя характеристика синхронного генератора



- 1 – активная нагрузка;
- 2 – активно-индуктивная нагрузка;
- 3 – активно – ёмкостная нагрузка.

U – образная характеристика синхронной машины



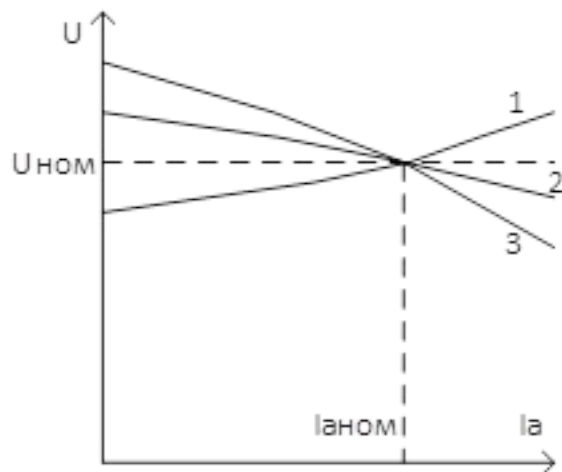
К какому напряжению подключается обмотка возбуждения синхронной машины.

1. постоянному;
2. однофазному переменному;
3. трёхфазному переменному;
4. не имеет значение.

Синхронная машина может иметь следующую конструкцию ротора.

1. короткозамкнутую;
2. явнополюсную;
3. фазную;
4. коллекторную.

Внешняя характеристика синхронной машины соответствует активной нагрузке ($\varphi = 0$)



1. 1;
2. 3;
3. 2;
4. все.

Регулирование реактивной мощности синхронного генератора производится

1. током возбуждения;
2. изменением вращающего момента на валу генератора;
3. изменением частоты вращения ротора;
4. изменением числа пар полюсов.