

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Трехфазные асинхронные машины впервые были разработаны в конце 80-х и в начале 90-х годов XIX в. выдающимся русским электротехником М. О. Доливо-Добровольским, который создал несколько типов этих машин. Статоры у них устроены одинаково и отличаются эти машины друг от друга лишь конструкцией ротора.



АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

М.О. Доливо-Добровольский родился 3 января 1862 г. в Петербурге в дворянской семье. После переезда родителей в Одессу он окончил реальное училище, а в 1880 г. поступил в Рижский политехнический институт. За участие в студенческих беспорядках в 1881 г. он был исключен из вуза без права поступления в высшие учебные заведения Российской империи. Поэтому завершал образование Доливо-Добровольский в Дармштадтском высшем техническом училище, в котором была к этому времени создана первая в Германии кафедра электротехники и началось оборудование учебной электротехнической лаборатории.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

В 1884 г. после окончания училища он был оставлен в нем для преподавательской работы и вел курс по практическому применению электричества. Вскоре Доливо-Добровольский был приглашен в незадолго до этого организованную в Германии электротехническую компанию выдающего американского изобретателя и конструктора Томаса Алвы Эдисона (впоследствии «Всеобщая компания электричества» АЕГ) на должность шеф-электрика. На предприятиях фирмы АЕГ ученый проработал всю свою жизнь (с 1909 г. — в должности директора этой фирмы), за исключением 1914-1918 гг., когда он, как подданный России, был на время войны выслан за пределы Германии и должен был жить в Швейцарии.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Ученым были с блеском решены задачи по созданию практически всех элементов и устройств, входящих в трехфазные цепи:

а) трехфазного синхронного электромашинного генератора (2,2 кВт 1888 г.), создание которого открыло (по мнению специалистов Международной электротехнической конференции — МЭК, регулярно собирающейся для решения насущных электротехнических вопросов) новый, «современный» этап развития мировой электротехники. Сегодня такие генераторы вырабатывают электроэнергию практически на всех промышленных электростанциях мира;

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

- б) трехфазных повышающих и понижающих трансформаторов (1890 г.), которыми оснащены все трансформаторные подстанции, работающие в системе электроснабжения всего мира;**
- в) трехфазных дальних линий электропередачи (ЛЭП) с высокими для того времени эксплуатационными характеристиками.**
- г) схем включения электрооборудования звездой или треугольником:**
- д) пусковых схем асинхронных двигателей (реостатной и автотрансформаторной) и устройств для их осуществления;**

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

- е) внес значительный вклад в развитие электроизмерительной техники, разработав конструкции электромагнитных амперметров и индукционных вольтметров, а также ферродинамического измерительных механизмов. Все эти схемы и аппаратура до сего дня являются основой современной электроэнергетики;
- ж) создание трехфазных асинхронных двигателей, совершивших подлинную революцию в электроприводе.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Об их роли в электроприводе говорит хотя бы то, что из всех выпускаемых в мире двигателей 90 % являются трехфазными асинхронными. Эти электрические машины потребляют до 70 % всей вырабатываемой электроэнергии, на их изготовление расходуется значительное количество дефицитных материалов, обмоточной меди, изоляции, электротехнической стали и др. В затратах на обслуживание и ремонт всего установленного в стране оборудования более 5 % приходится на асинхронные двигатели. Датой изобретения трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором считается 8 марта 1889 г., а аналогичного двигателя с фазным ротором — 15 декабря 1890 г.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Доливо-Добровольский так и не принял германское подданство и всю жизнь оставался гражданином России. Ей он посвятил и все сделанные им изобретения. Свою обширную библиотеку Михаил Осипович завещал Рижскому политехническому институту.



АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Асинхронные машины относятся к классу электрических машин переменного тока. Так же как и машины постоянного тока, они обратимы, т. е. могут работать или в режиме двигателя, или в режиме генератора, если в их магнитной цепи будет возбуждено магнитное поле.

В отличие от машин постоянного тока это поле возбуждают трехфазные, двухфазные системы токов либо однофазный ток, которые создаются в трех, двух или одной фазах рабочей обмотки машины. В соответствии с этим различают трех-, двух- и однофазные асинхронные машины.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Мощность асинхронных машин колеблется в широких пределах — от долей ватта до нескольких тысяч киловатт.

Машины мощностью более 500 Вт обычно имеют симметричную трехфазную рабочую обмотку, включаемую в трехфазную сеть. Одна из особенностей такой машины состоит в том, что в режиме двигателя ее рабочие характеристики и эксплуатационные свойства намного лучше, чем в режиме генератора. Поэтому трехфазные асинхронные машины рассчитывают и практически всегда используют только в качестве двигателей.

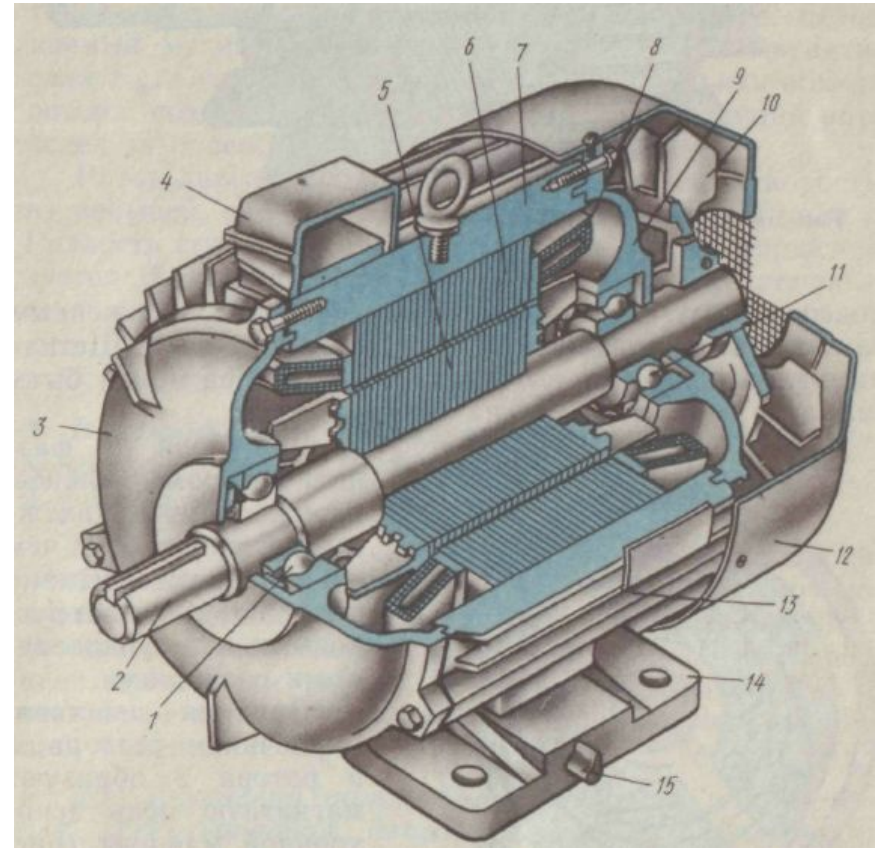
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Их основными достоинствами являются высокая надежность в работе и низкая стоимость. Благодаря этим качествам они получили широкое применение в системах электропривода различных станков, кузнечно-прессовых, подъемно-транспортных, насосно-компрессорных и других машин.

Асинхронные машины мощностью до 500 Вт выполняют однофазными или двухфазными и включают в двухпроводную сеть. Их применяют в системах автоматики, а также для привода электрифицированного инструмента, медицинского оборудования и бытовых приборов. Огромный спрос на асинхронные машины удовлетворяется массовым их изготовлением.

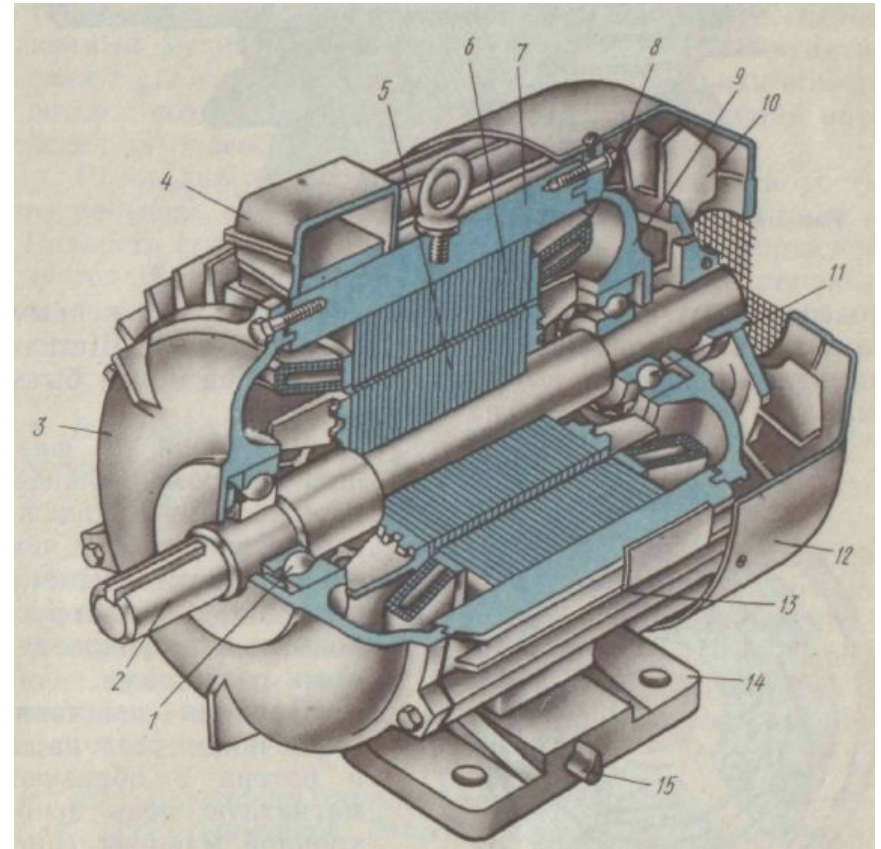
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Двигатель состоит из неподвижной (статора) и вращающейся (ротора) частей. Основными деталями статора являются корпус 7 и сердечник 6 с обмоткой 8. Корпус отливают из алюминия (для маломощных двигателей) или из чугуна. Ребра 13 на наружной части корпуса увеличивают площадь поверхности охлаждения.

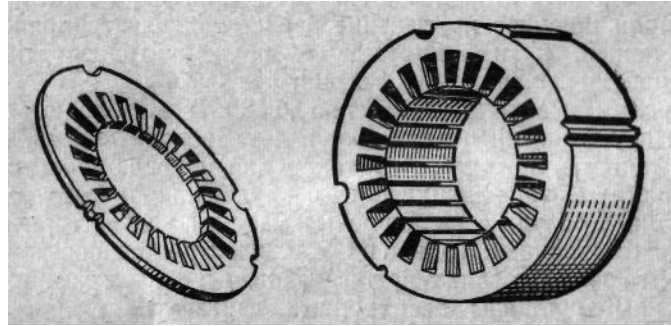


АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Двигатель охлаждают обдувом наружной поверхности корпуса. Поток воздуха создается центробежным вентилятором 10, прикрытым кожухом 12. Концы обмоток статора присоединены к зажимам коробки выводов 4; для крепления двигателя используют лапы 14, для заземления — болт 15.

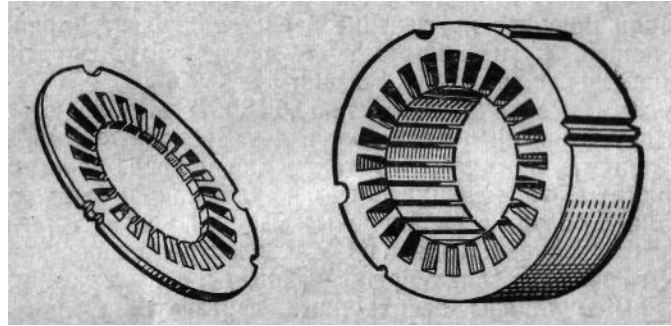


АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



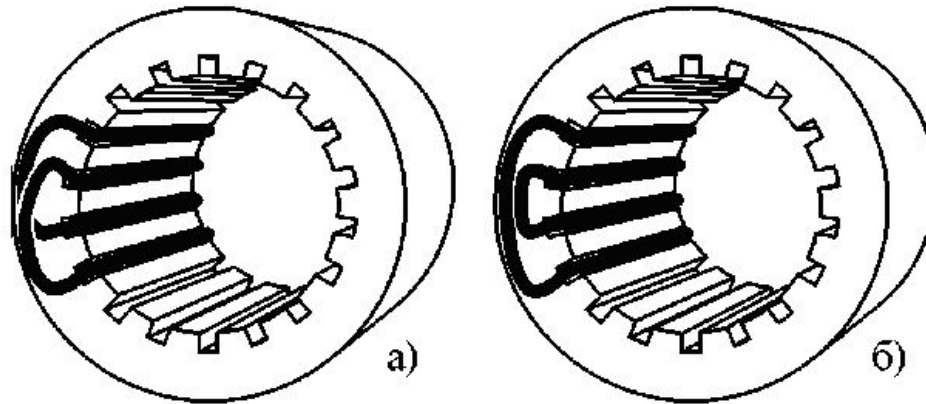
Основными частями статора являются неподвижный пакет магнитопровода и трехфазная обмотка. Пакет магнитопровода изготовлен в виде полого цилиндра, набранного, так же как и магнитопровод трансформатора, из тонких листов электротехнической стали. Листы имеют форму колец с пазами, симметрично расположенными вдоль внутренней окружности.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



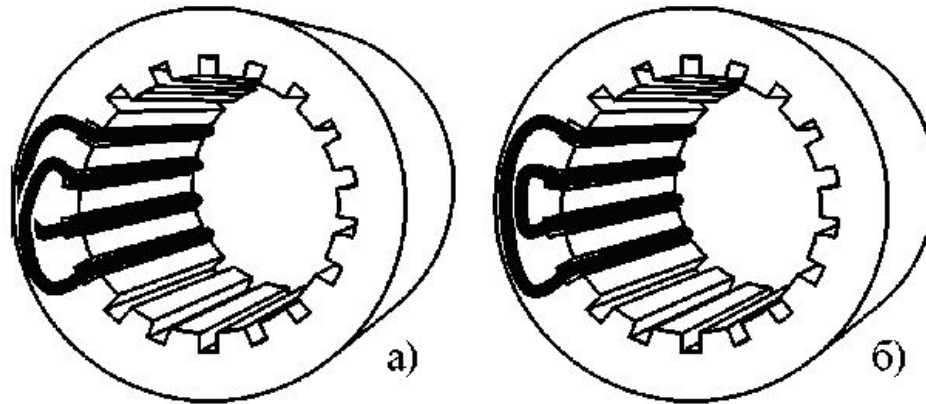
На внутренней стороне полого цилиндра сердечника статора имеются пазы, в которые закладывают статорную обмотку. У трехфазного двигателя она трехфазная и число катушек ее в этом случае кратно трем (3, 6, 9 и т. д.)

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



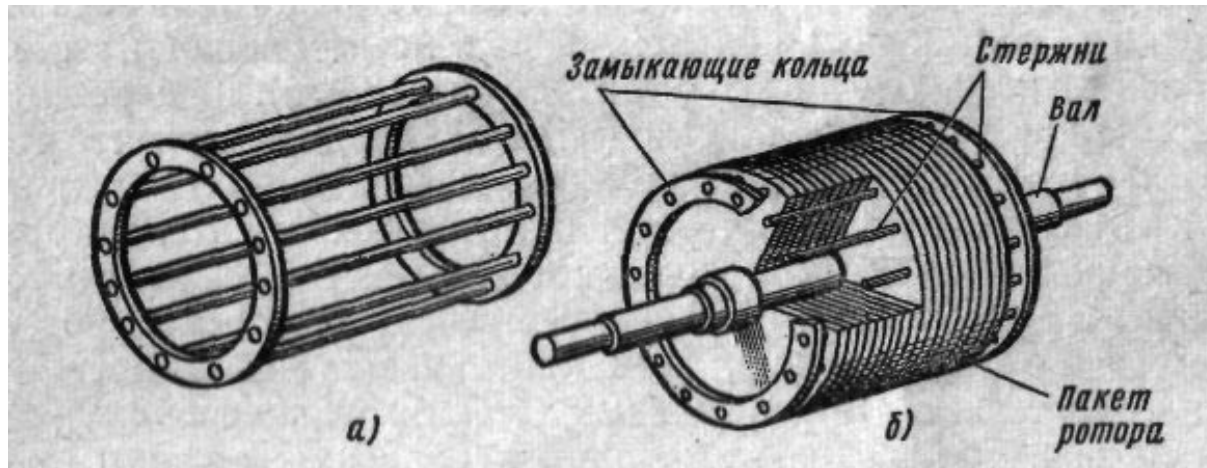
Сосредоточенные фазные обмотки, т.е. обмотки представляющие собой одну катушку, стороны которой расположены в двух пазах статора, по ряду причин на практике не применяются. Обычно обмотка делится на несколько катушек, образующих катушечные группы, каждая из которых формирует полюс магнитного поля. Катушки распределяются по соседним пазам сердечника, и такая обмотка называется распределённой (рис. а).

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



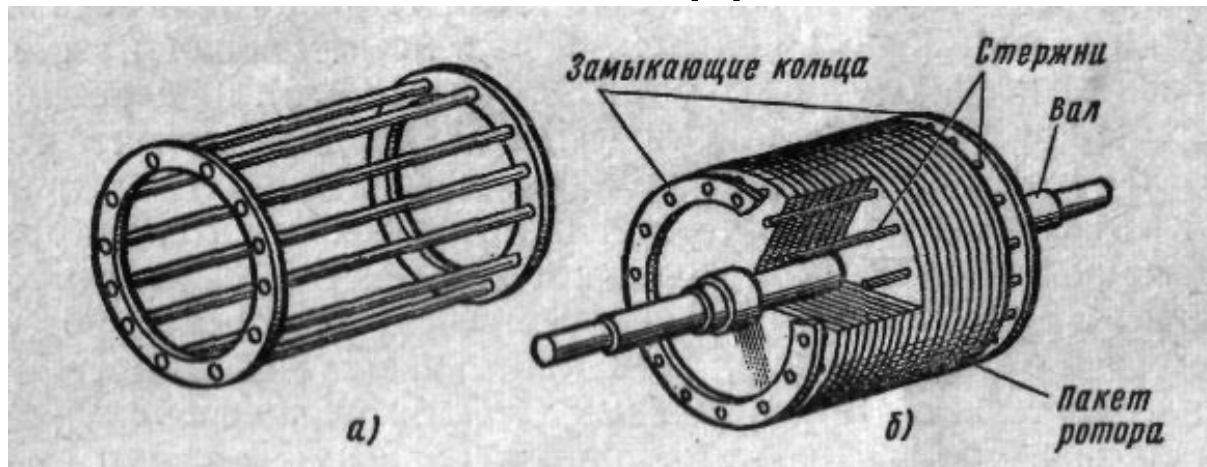
При этом катушки в группе могут быть одинакового размера, изготавливаться по шаблону и укладываться в пазы с одинаковым шагом между сторонами катушек. Такие обмотки называются шаблонными. Катушки могут быть также разных размеров и укладываться одна внутри другой. В этом случае обмотки называются концентрическими (рис. б).

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



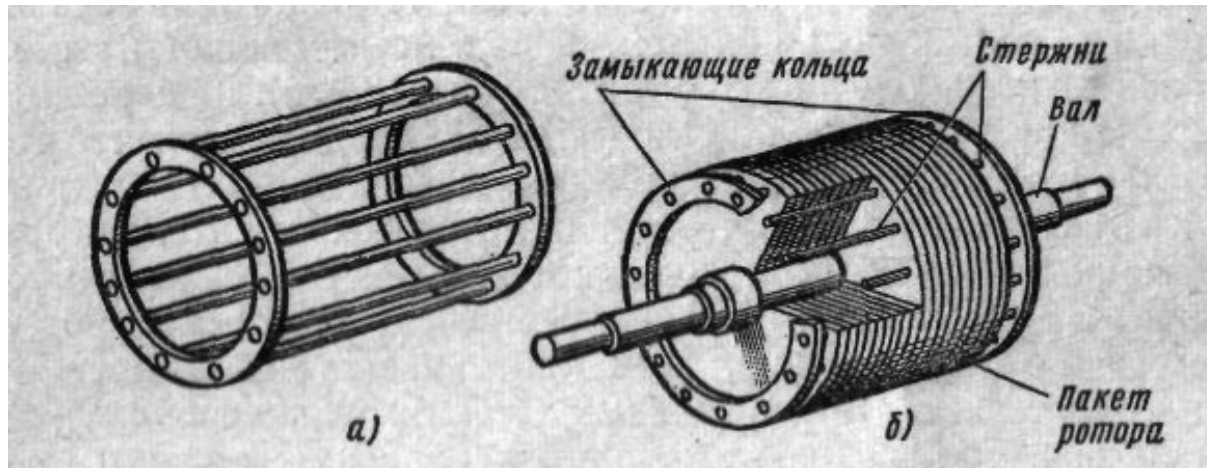
Роторы трехфазных асинхронных машин состоят из пакета магнитопровода цилиндрической формы, набранного из тонких стальных дисков с пазами, и обмотки, расположенной в этих пазах. Пакет магнитопровода с обмоткой насажен на вал. Пакет ротора отделен от пакета статора небольшим равномерным зазором.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



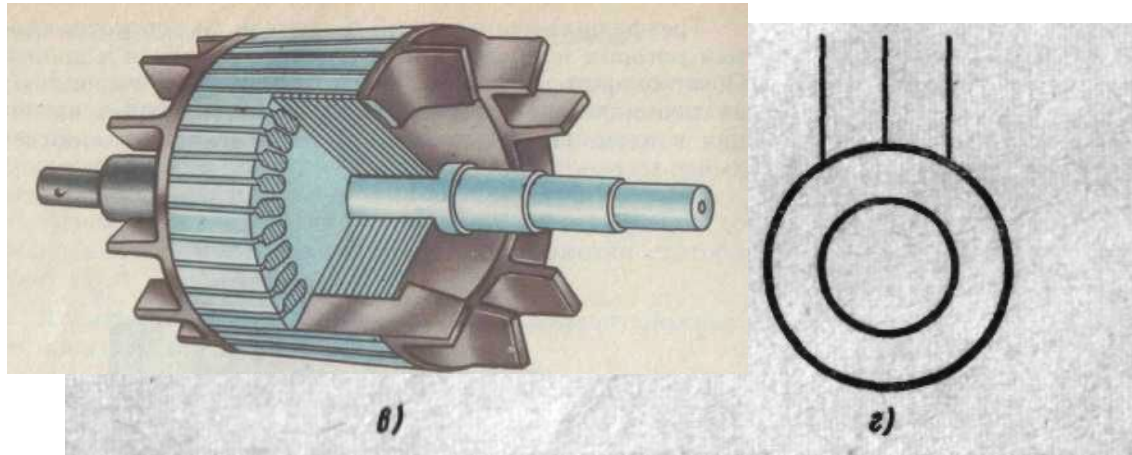
Первый тип обмоток был ротора разработан М. О. Доливо-Добровольским в 1889 г. Он предложил в пазы пакета ротора вставлять медные стержни, лишенные изоляции, а все концы стержней на обоих торцах пакета замыкать накоротко при помощи двух медных колец (рис. а). Такие медные стержни и кольца применяют в современных асинхронных машинах мощностью более 100 кВт (рис. б). В менее мощных машинах стержни изготовляют прямой заливкой пазов роторов расплавленным алюминием.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



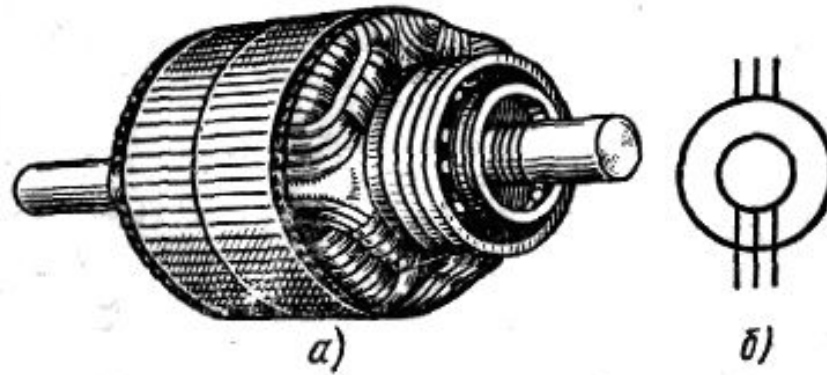
Обмотку ротора в виде жесткой системы стержней с кольцами автор назвал «беличьей клеткой». Так как «беличья клетка» не имеет каких-либо соединений с внешней сетью и представляет собой короткозамкнутую систему проводников, ротор с этим типом обмотки принято называть короткозамкнутым.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



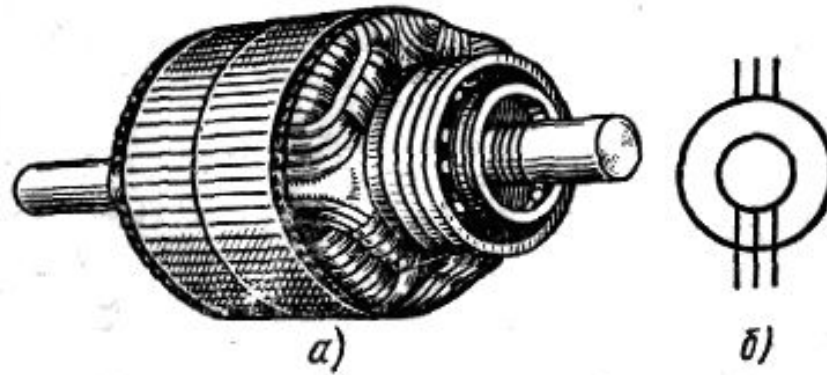
Трехфазные асинхронные машины с короткозамкнутым ротором являются основной продукцией электромашиностроительных заводов. Поэтому их относят к типу машин основного исполнения. На электрических схемах трехфазные асинхронные машины основного исполнения обозначают стандартным символом, приведенным на рис. г.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



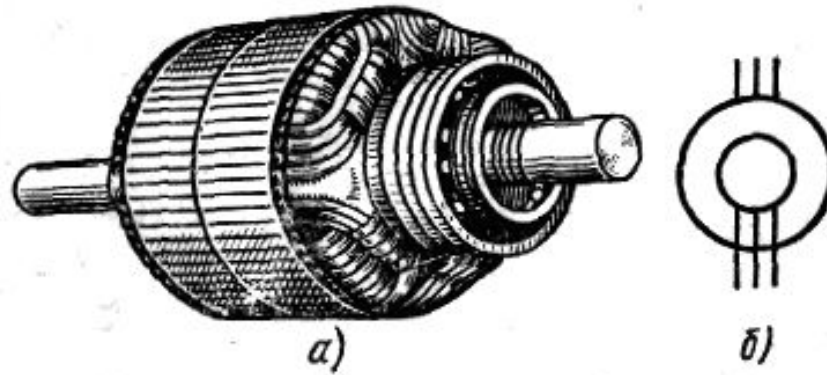
Второй тип обмоток был разработан М. О. Доливо-Добровольским в 1890 г. Он предложил в пазы пакета ротора укладывать такую же катушечную трехфазную обмотку, какая уложена на статоре; фазы обмотки соединять звездой и три свободных ее конца присоединять к трем медным контактными кольцам, насаженным на вал и изолированным как от него, так и друг от друга (рис. а);

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



На боковом подшипниковом щите укрепляют щеткодержатель, причем так, чтобы расположенные в нем три группы угольных щеток надежно соприкасались с контактными кольцами ротора. Ротор с катушечной трехфазной обмоткой и контактными кольцами называют фазным. Машины с контактными кольцами допускают включение реостатов или дросселей в цепи роторов, чем обеспечивается возможность улучшения их пусковых и регулировочных свойств.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



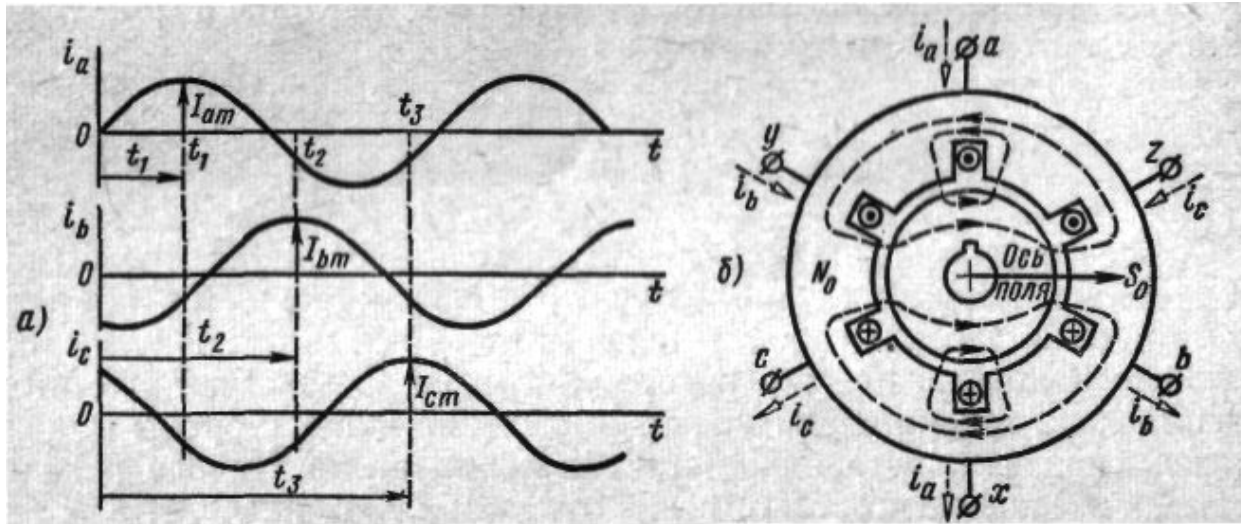
Однако они дороже и менее надежны, чем машины основного исполнения; область их применения ограничена теми особыми случаями, когда поставленные задачи не могут быть разрешены применением машин с короткозамкнутым ротором. На электромашиностроительных заводах трехфазные асинхронные машины с контактными кольцами считаются машинами, имеющими специализированное исполнение. Условное графическое обозначение таких машин на электрических схемах приведено на рис. б.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Двигатель асинхронный					
Тип	6A80A8Y3	№	1386		
3-фазн. ~	50 Гц	180 W	735 об/мин		
Δ/Y	220/380 В	0,75/0,42 А	КПД	66 %	
cos φ	0,65	8,5 кг	P44		
Режим	S1	Кл. изол.	B	20	03 г.

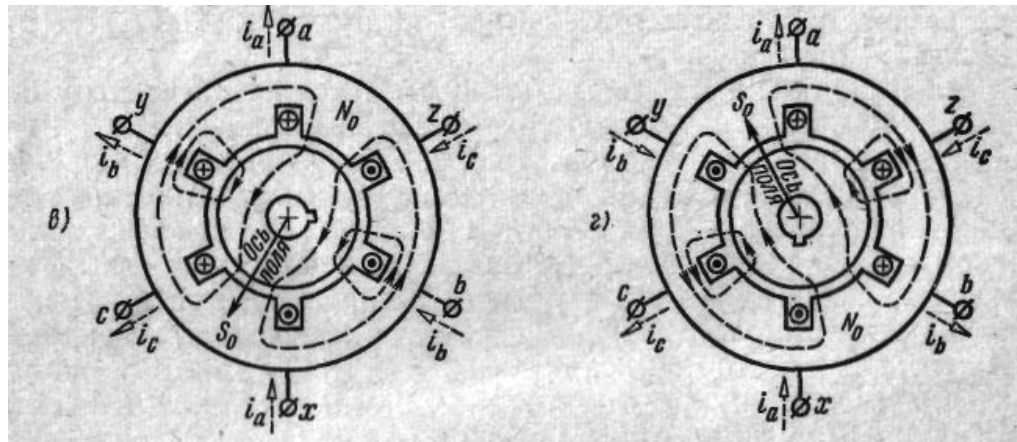
В табличке, закрепляемой на корпусе двигателя, и содержится информацию о заводе-изготовителе, типе двигателя, количестве фаз, частоте питающей сети, номинальной мощности, коэффициенте мощности, частоте вращения, способах соединения обмотки статора, токе и КПД двигателя. На табличке указывается также год изготовления машины, ГОСТ, класс изоляции, режим работы двигателя (S1 — длительный, S3 — повторно-кратковременный).

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



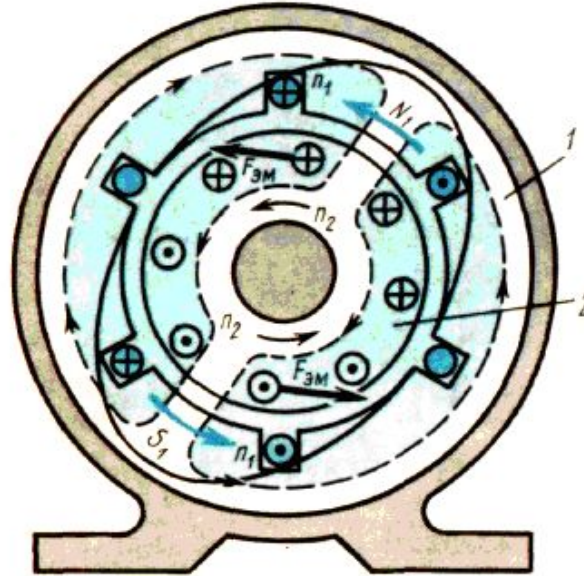
Направление тока i_a в сторонах катушки а — х условно обозначено в сечении витка точкой и крестиком. Из графика тока можно заключить, что в момент времени t_1 токи во второй и третьей катушках отрицательны, т. е. направлены от концов катушек к их началам. Зная направления токов в сторонах катушек, можно построить приближенную картину результирующего поля, руководствуясь правилом правоходового винта.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Картины результирующего поля, построенные на рисунке для различных моментов времени, показывают, что конфигурация линий магнитного поля по мере изменения токов в неподвижных катушках не изменяется; происходит лишь равномерное одностороннее вращение вокруг оси машины (например, по движению часовой стрелки) всего спектра магнитных линий поля, а следовательно, и вращение оси их симметрии. Такое поле принято называть вращающимся.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



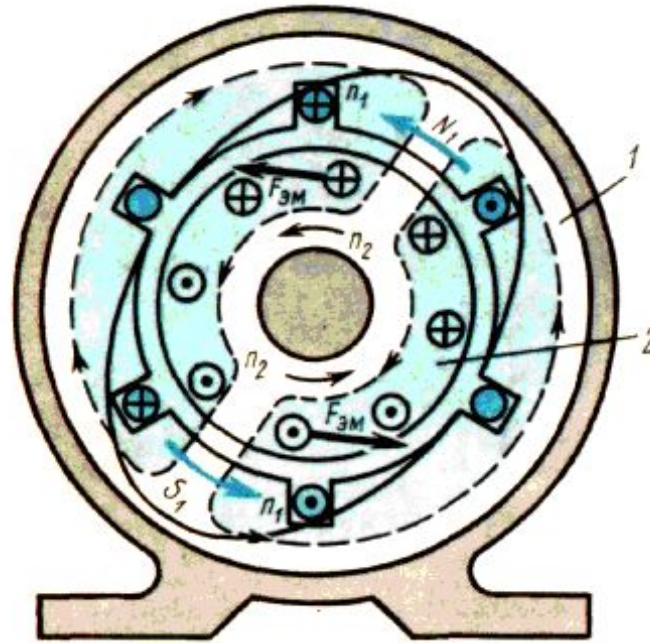
Сердечники статора 1 и ротора 2 образуют магнитную цепь асинхронной машины. При прохождении трехфазного тока по трехфазной обмотке статора создается вращающееся магнитное поле $N_1 — S_1$ частоты

$$\omega_1 = 2\pi f / p$$

$$\omega_1 = 2\pi f / p \approx n_1 / 9,55,$$

f — частота питающей сети; p — число пар полюсов на фазу.

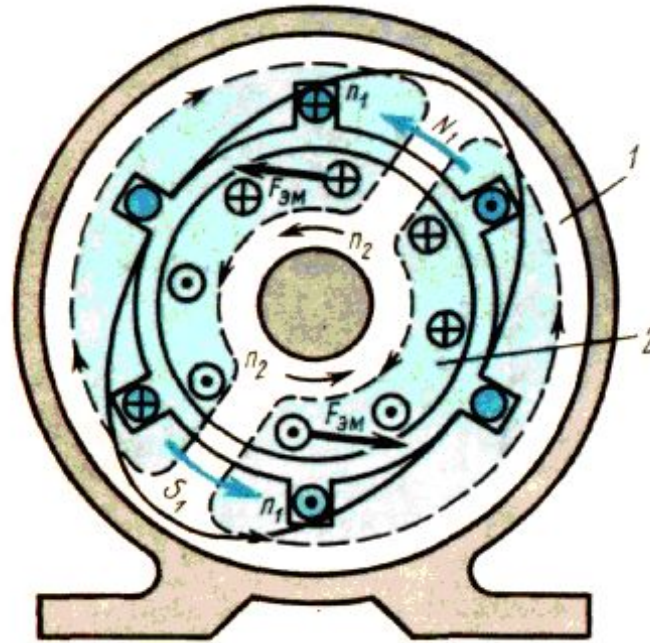
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



$$n = 60f/p$$

При $f = 50$ Гц для двигателей с числом полюсов $2p = 2, 4, 6, 8, 10$ синхронная частота вращения соответственно равна 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/мин.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Вращающееся магнитное поле (показано пунктиром) пересекает проводники обмотки ротора и наводит в них ЭДС E_2 . Под действием ЭДС в замкнутой обмотке ротора возникает ток I_2 . На каждый проводник обмотки ротора, пересекаемый магнитным полем, действует электромагнитная сила $F_{эм}$. Силы, действующие на все проводники обмотки ротора, создают вращающий момент, увлекающий ротор вслед за полем.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Ротор двигателя вращается с асинхронной скоростью n_2 меньшей, чем синхронная скорость вращения поля n_1 . Разность скоростей вращения поля и ротора характеризуется скольжением S , часто выражаемым в процентах:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 \%$$

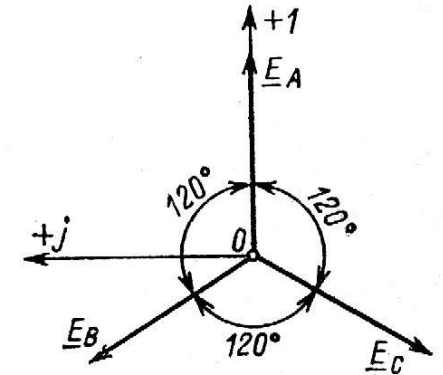
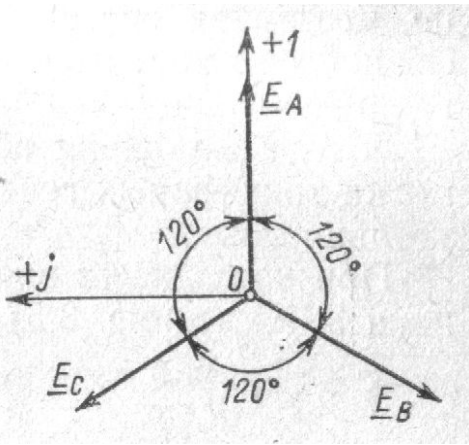
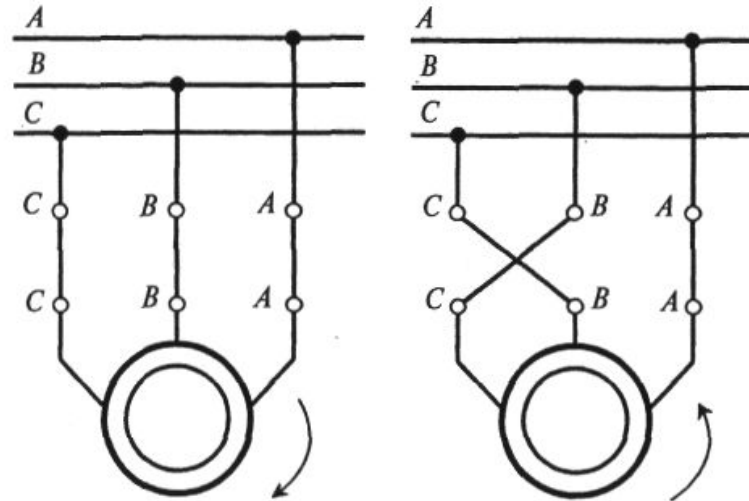
В номинальном режиме работы двигателя S обычно невелико (2—6%). Если ротор неподвижен ($n_2 = 0$), то $S = 100 \%$.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 \%$$

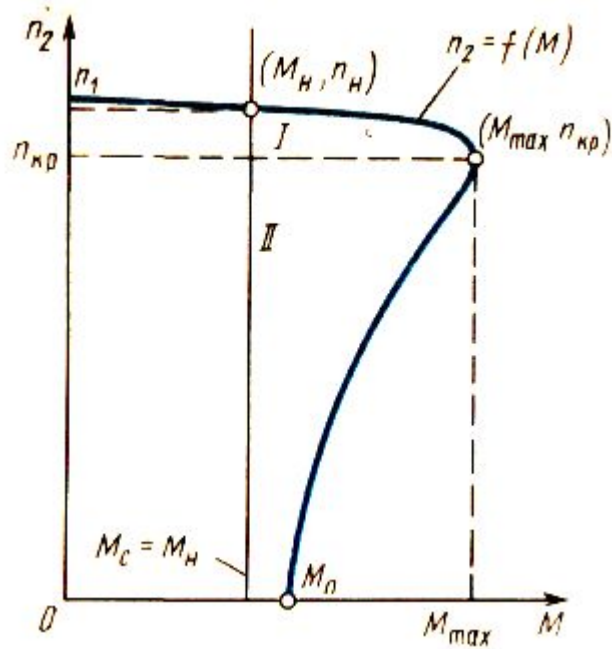
Наличие разности скоростей n_1 и n_2 принципиально необходимо (в двигателе), так как только при этом создается электромагнитный вращающий момент. Если скольжение отсутствует, то магнитное поле не пересекает проводники ротора, в них не наводится ЭДС, не возникают токи, не создается электромагнитный вращающий момент.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



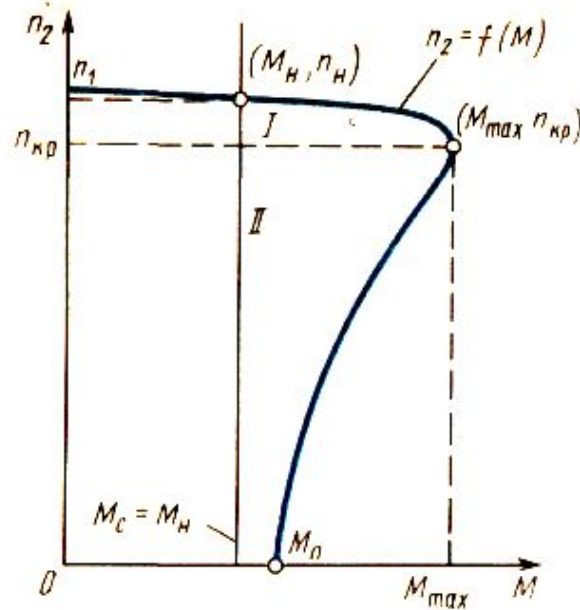
Для изменения направления вращения ротора, т. е. для реверсирования двигателя, необходимо изменить направление вращения магнитного поля, создаваемого обмоткой статора. Это достигают переключением двух фаз, т. е. двух из трех проводов, соединяющих обмотку статора с сетью.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



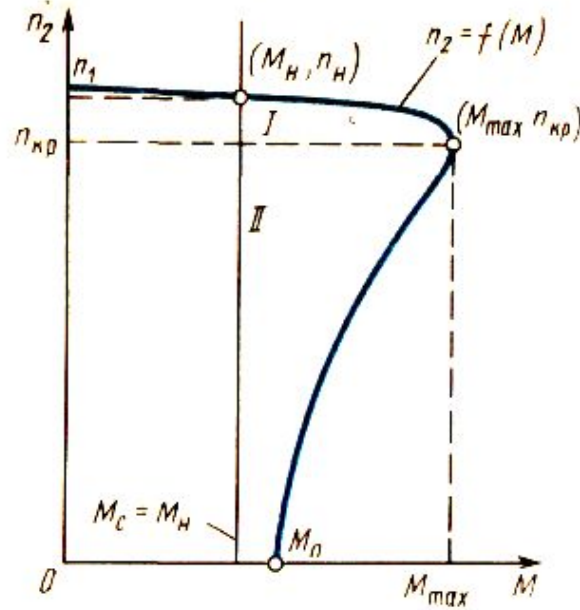
Механическая характеристика — это зависимость, показывающая, как меняется частота вращения ротора при изменении момента на валу двигателя.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



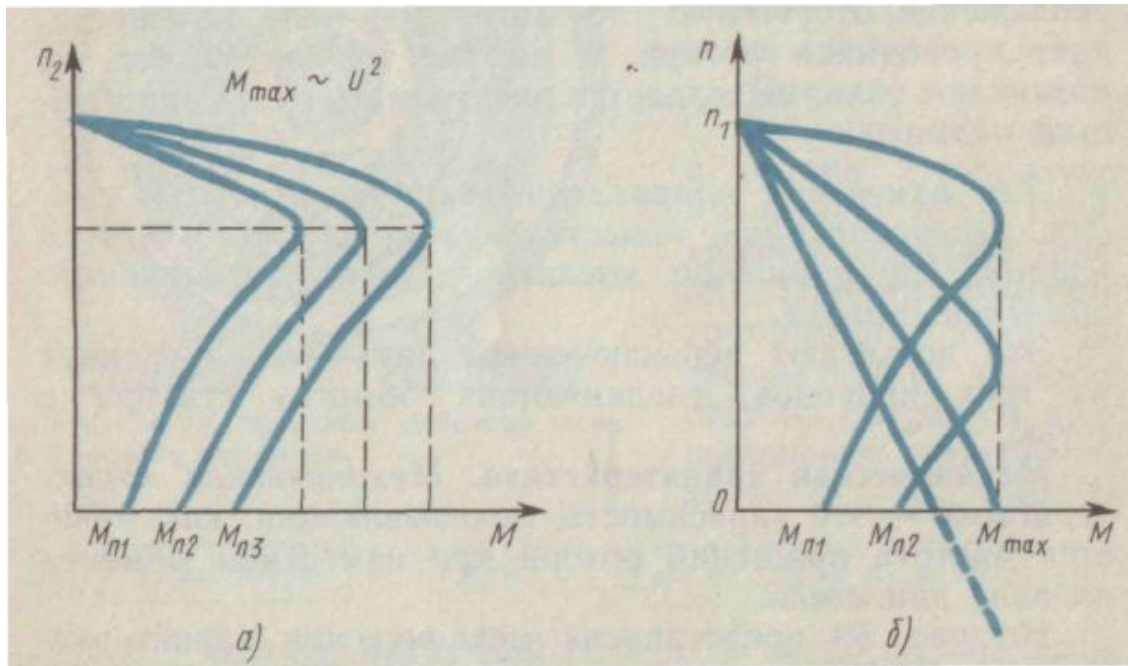
Характерные точки: $0, n_1$ — идеальный холостой ход; $M_{max}, n_{кр}$ — максимальный момент, критическая частота вращения; M_n, n_n — пусковой момент. Точкой M_{max} кривая делится на две области: I — область устойчивой работы, где находится точка номинального режима (M_n, n_n) ; II — область неустойчивого режима, используемая при пуске или вынужденной остановке двигателя

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



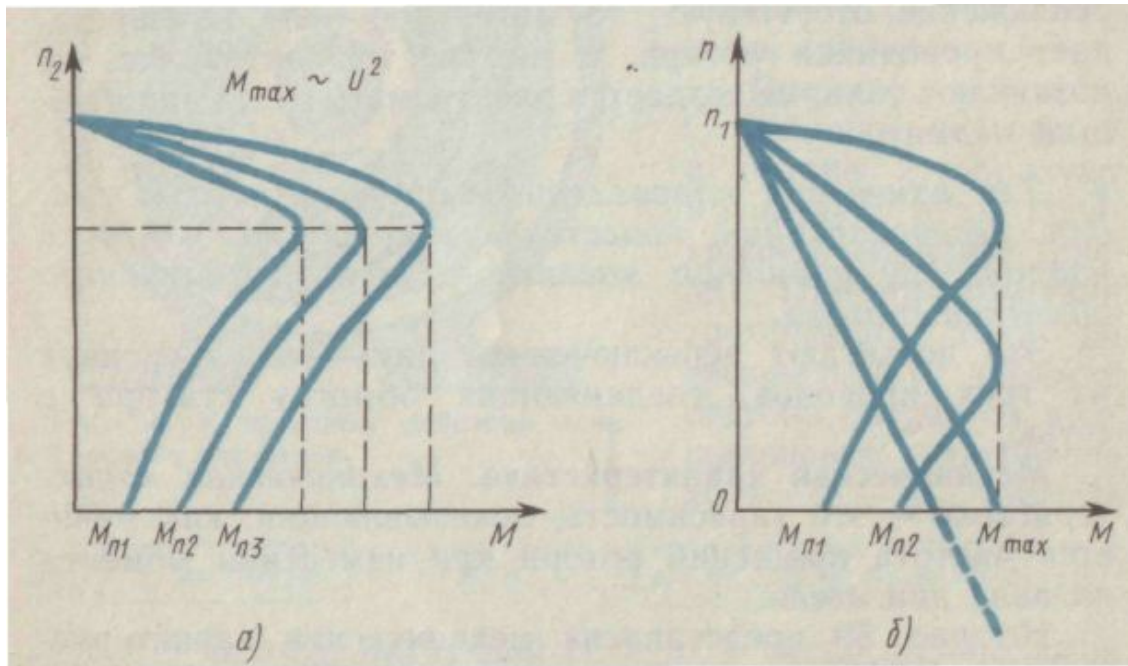
Двигатель в общем случае преодолевает некоторый момент сопротивления M_c со стороны механизма. Зависимость момента M_c от частоты вращения двигателя для разных механизмов различна.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



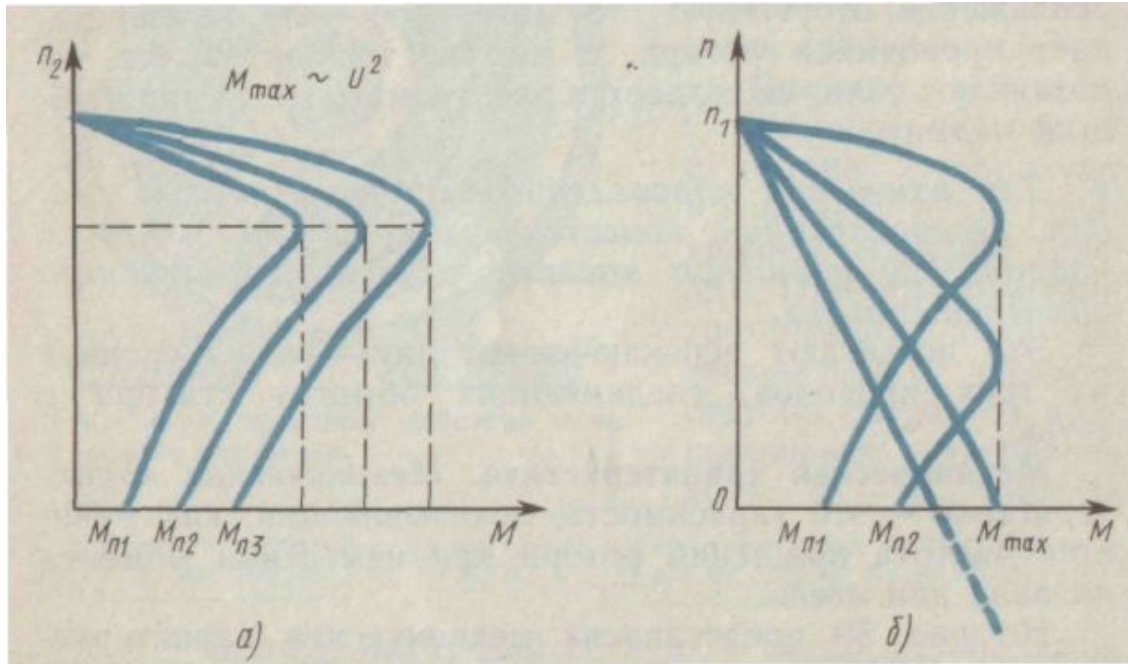
Рассмотрим наиболее простой случай, когда момент M_c не зависит от частоты. При включении двигателя его пусковой момент больше момента сопротивления (а) и ротор приобретает ускорение. Скорость возрастает до тех пор, пока не установится равенство моментов двигателя и сопротивления; при $M_c = M_n$ ротор вращается с номинальной частотой n_n .

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



При увеличении момента M_c новое устойчивое состояние наступает при новом меньшем значении n_2 ; при уменьшении M_c — при большем значении n_2 . На холостом ходу частота вращения ротора близка к синхронной; если M_c станет больше, чем M_{max} то двигатель остановится.

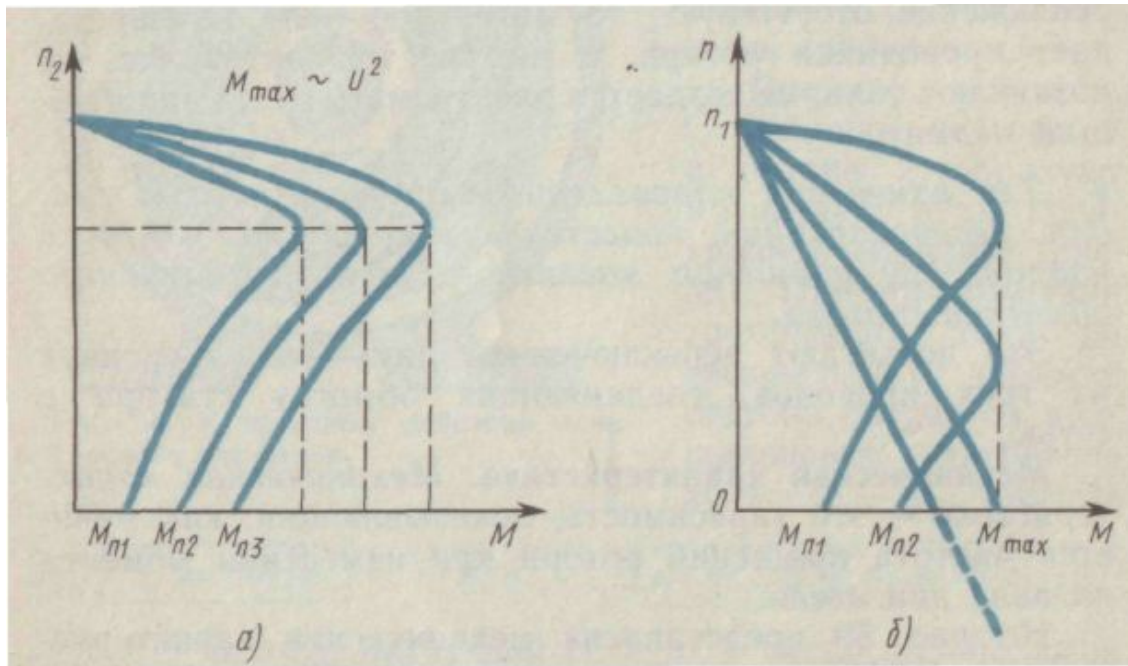
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Вращающий момент двигателя пропорционален квадрату напряжения питающей сети.

$$M \sim U^2$$

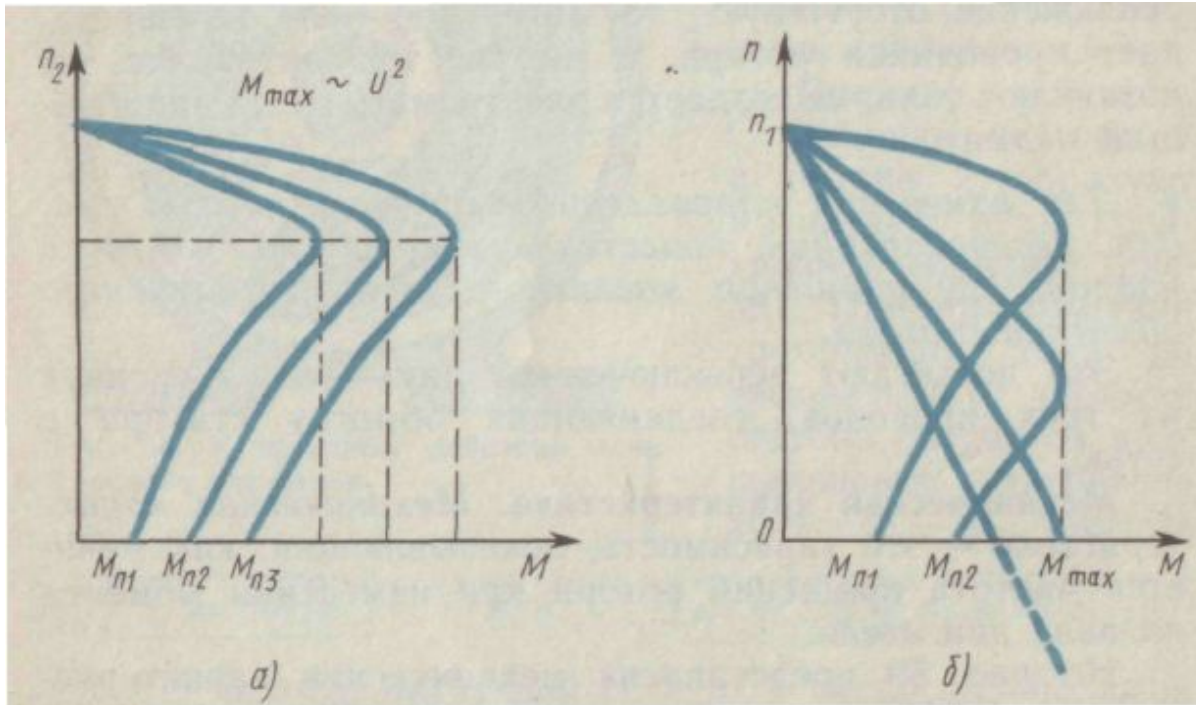
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



$$M \sim U^2$$

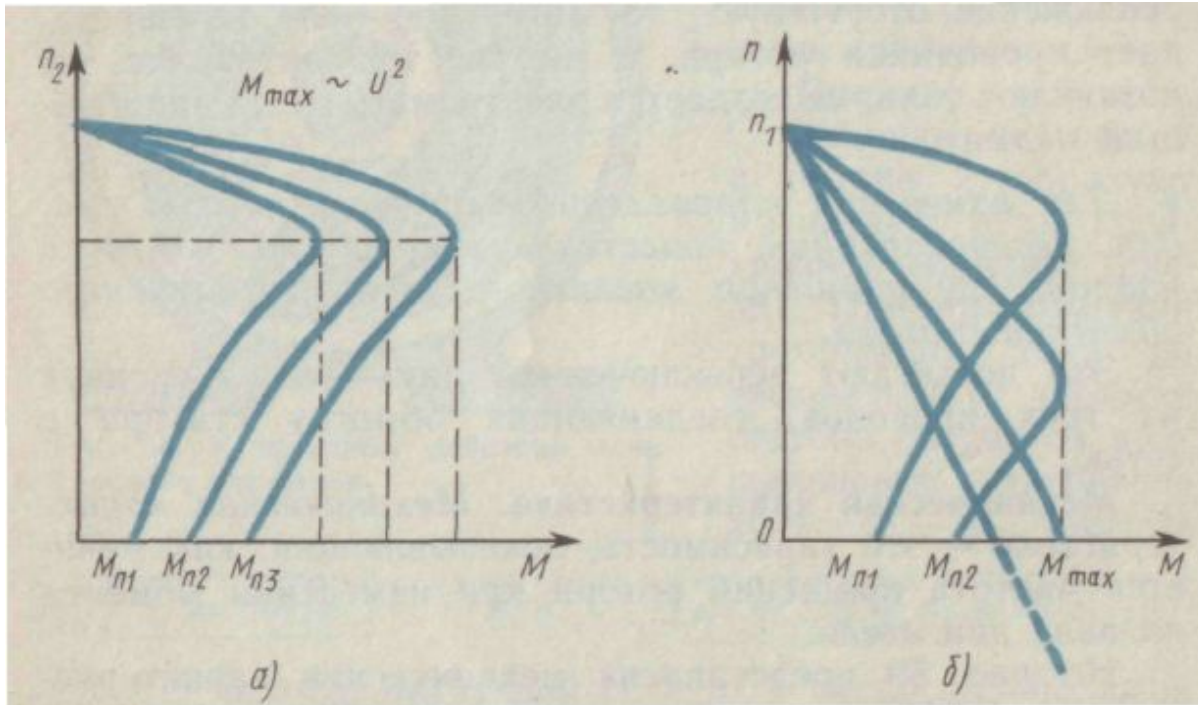
Если напряжение в сети снизилось, например, на 10%, то значения M_{max} и M_n понизятся на 19%. Значение $p_{кр}$ при понижении напряжения остается постоянным (а).

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



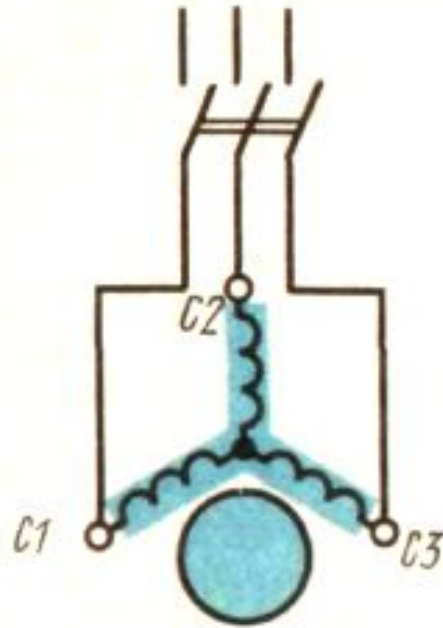
Помимо естественной для двигателя с фазным ротором могут быть получены искусственные механические характеристики. Для этого в цепь обмотки ротора включают добавочное сопротивление $R_{доб}$. Чем больше $R_{доб}$, тем круче спадает кривая $n = f(M)$ (б), тем «мягче» становится механическая характеристика.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



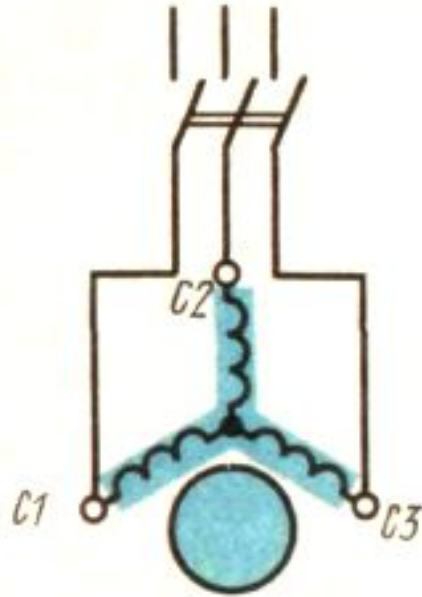
При изменении $R_{доб}$ значение M_{max} сохраняется постоянным. Можно подобрать такое $R_{доб}$, чтобы пусковой момент приобрел максимальное значение.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



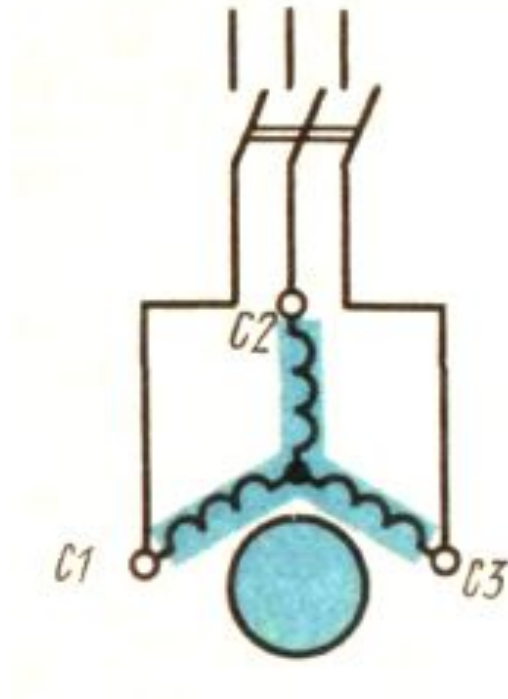
Пуск двигателя с короткозамкнутым ротором. Для двигателей с короткозамкнутым ротором обычно применяют прямое включение в сеть обмотки статора C1, C2, C3 с помощью соответствующей коммутационной аппаратуры.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



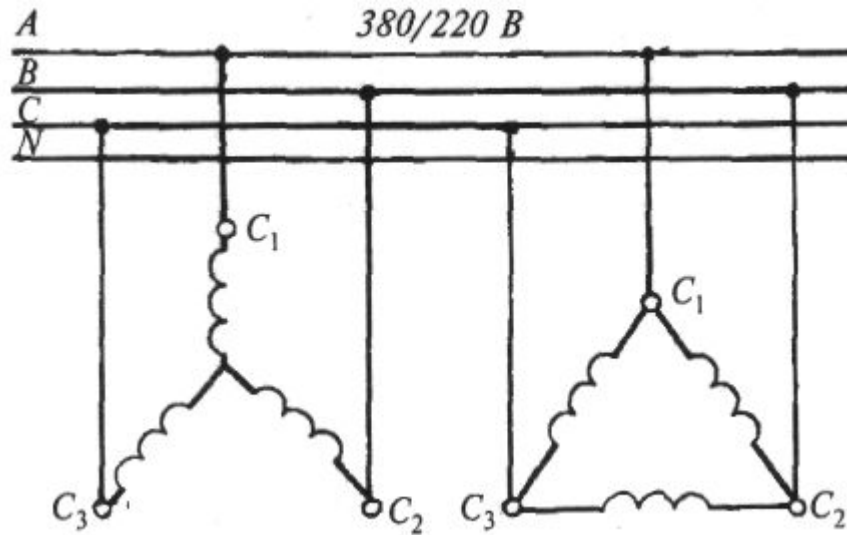
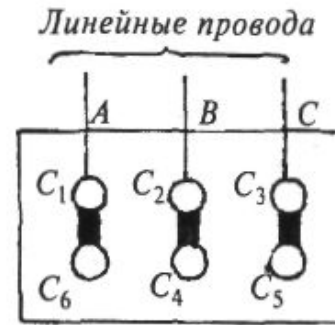
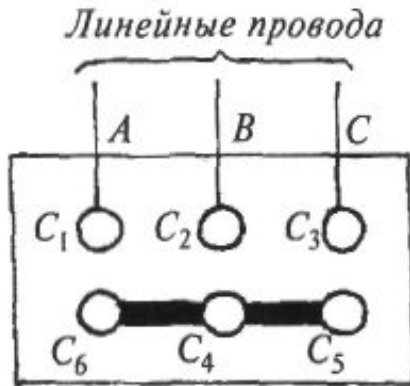
Кратковременный толчок пускового тока ($I_{\text{пуск}} = 4-7 \cdot I_n$) безопасен для двигателя, но может явиться причиной чрезмерно большого падения напряжения в сети при недостаточной мощности источника энергии (обычно трансформатора). В этих случаях ограничивают пусковой ток пуском двигателя при пониженном напряжении.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



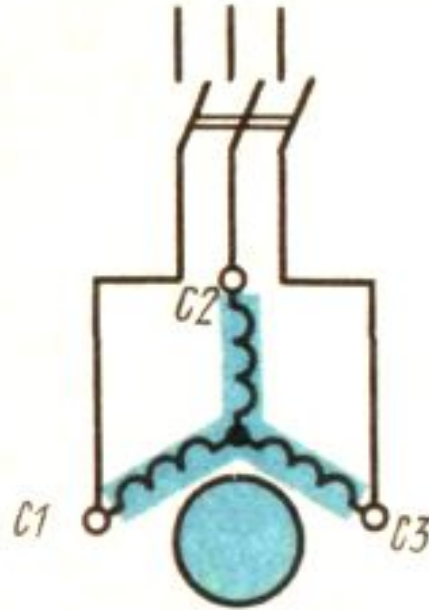
Напряжение в период пуска двигателя понижают: используя в период пуска соединение обмотки статора в звезду с последующим переключением ее на треугольник;

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



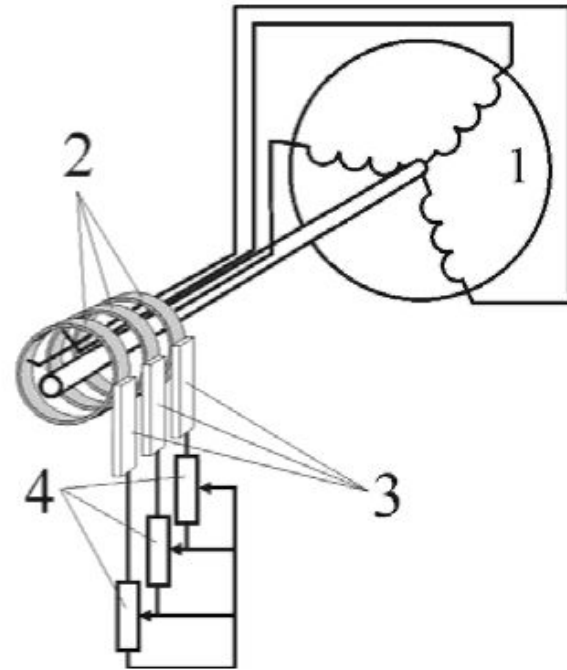
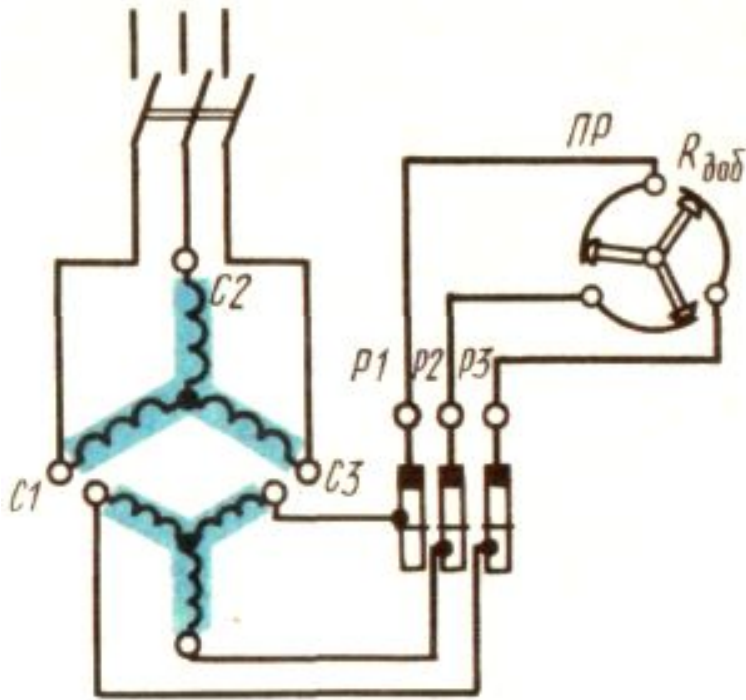
Соединение обмоток статора АД звездой и треугольником на клеммном щитке

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Напряжение в период пуска двигателя понижают: включая в цепь обмотки статора на период пуска добавочные активные или реактивные сопротивления (реакторы); подключая двигатель к сети через понижающий автотрансформатор. Общий недостаток всех способов — значительное уменьшение пускового и максимального моментов двигателя, пропорциональных квадрату приложенного напряжения.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Хорошими пусковыми характеристиками обладает двигатель с фазным ротором. Для снижения пускового тока обмотки $P1$, $P2$, $P3$ ротора при пуске замыкают на активное сопротивление $R_{доб}$ (4) пускового реостата $ПР$.

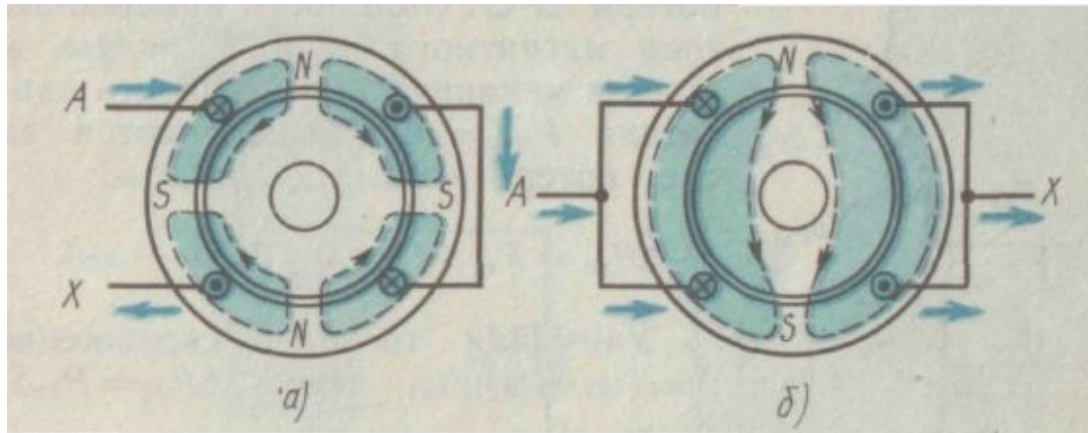
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Частота вращения ротора асинхронного двигателя определяется скоростью вращения магнитного поля:

$$n \approx \frac{60f}{p} \text{ об/р.}$$

Для ступенчатого изменения частоты вращения применяют специальные двух-, трех- и четырехскоростные двигатели. На их статоре размещают обмотки с различным числом полюсов.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Кроме того, можно использовать переключение фазных обмоток статора с последовательного соединения (рис. а) на параллельное (рис. б). При этом число полюсов уменьшается и соответственно увеличивается n_1 .

Для плавного регулирования частоты вращения применяют тиристорные преобразователи частоты, питающие двигатели электрическим током с регулируемой частотой.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

В двигателях с фазным ротором для регулирования скорости переключают ступени реостата, включенного в цепь ротора. Двигатели работают в этих режимах сравнительно кратковременно. В целом такое регулирование неэкономично.

Торможение. При эксплуатации двигателей нередко возникает необходимость их торможения (быстрый переход от одного режима к другому, точная остановка и пр.).

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

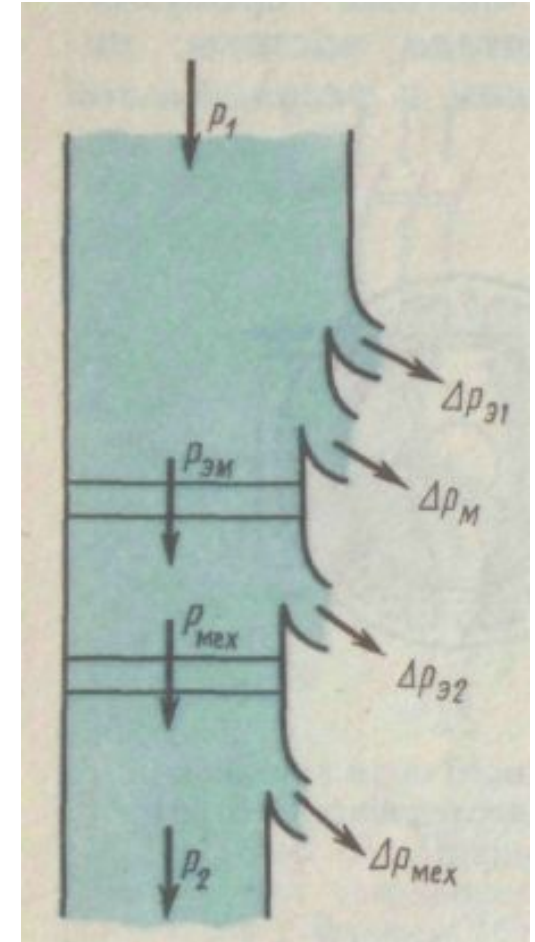
Торможение двигателя может быть механическим и электрическим.

При механическом торможении электромагнит или пружины воздействуют через тормозные колодки на шкив, закрепленный на валу двигателя.

При электрическом торможении используют либо режим противовключения, когда у работающего двигателя переключением двух фаз меняется направление вращения поля, либо режим динамического торможения, когда после отключения двигателя от сети в обмотку статора кратковременно подается постоянный ток.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Трехфазный асинхронный двигатель получает от сети мощность $P_1 = \sqrt{3} UI \cos \varphi$. Часть этой мощности до преобразования в электромагнитную мощность $P_{эм}$ вращающегося поля теряется в обмотке статора (потери $\Delta P_{э1}$), на гистерезис и вихревые токи (магнитные потери ΔP_M). Мощность вращающегося магнитного поля $P_{эм} = M\omega_1$ и полная механическая мощность двигателя $P_{мех} = M\omega_2$ различаются за счет потерь в обмотке ротора:

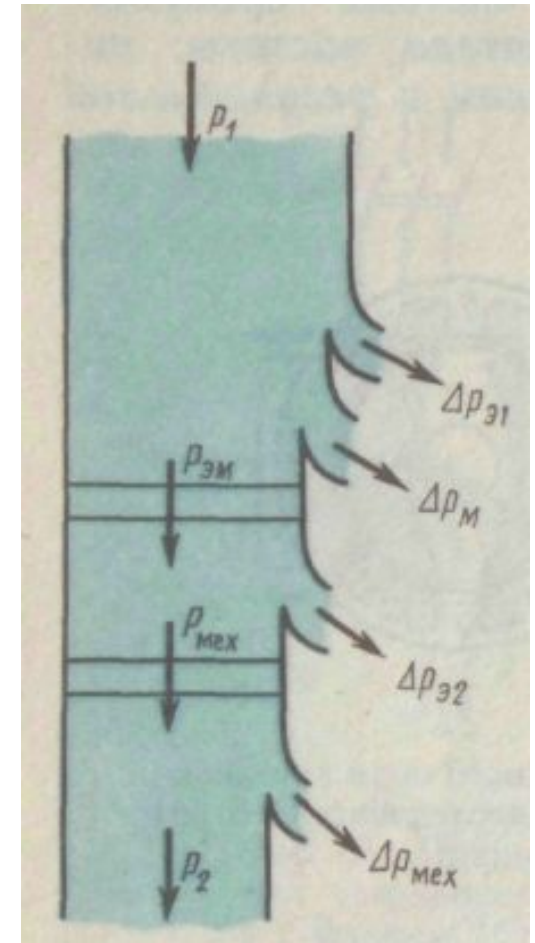


$$\Delta P_{э2} = P_{эм} - P_{мех} = M(\omega_1 - \omega_2).$$

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Учитывая то, что скольжение $S = (\omega_1 - \omega_2)/\omega_1$, имеем $\Delta P_{э2} = P_{эм} \cdot S$.

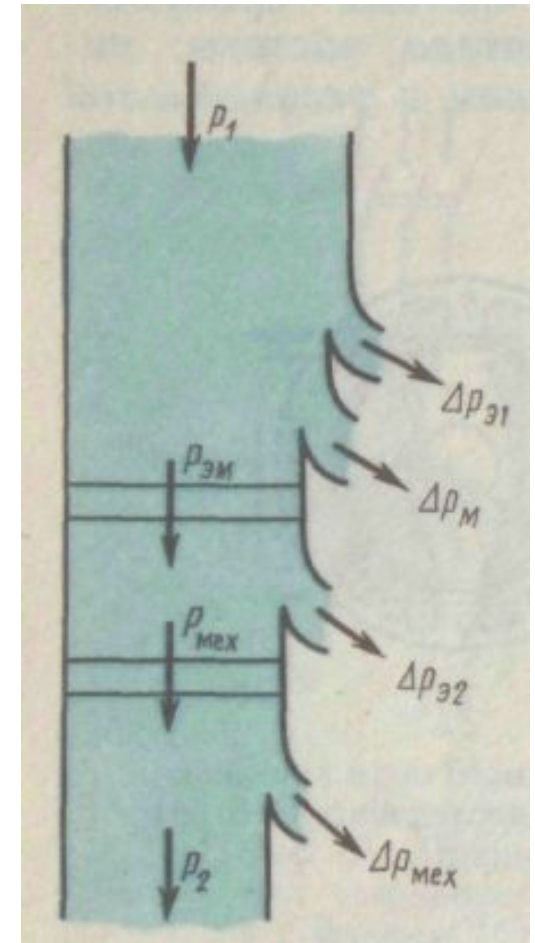
Чем больше скольжение, тем больше потери в роторе. Поэтому двигатели рассчитывают так, чтобы при нормальной работе скольжение было невелико. Обычно $S = 0,02 - 0,06$ (2-6%)



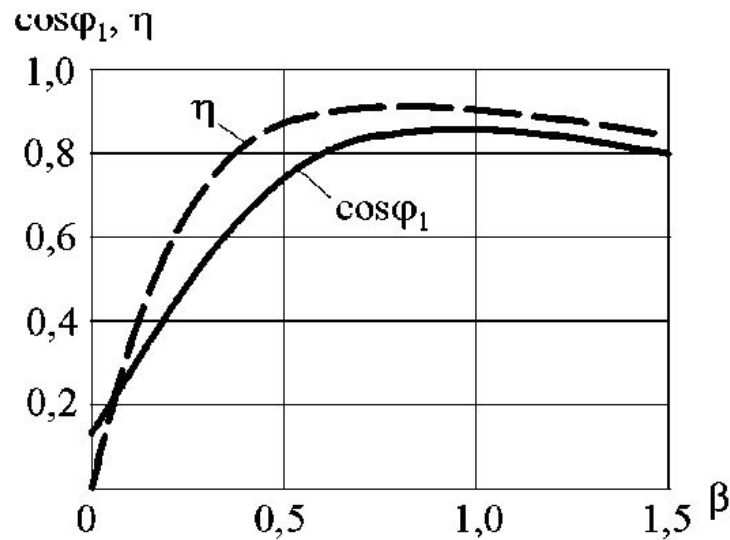
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Полезная мощность P_2 на валу меньше, чем $P_{\text{мех}}$, за счет механических потерь $\Delta P_{\text{мех}}$ в двигателе (трение в подшипниках, потери на вентиляцию и пр.).

Характер зависимости КПД двигателя от загрузки примерно такой же, как и у трансформаторов.



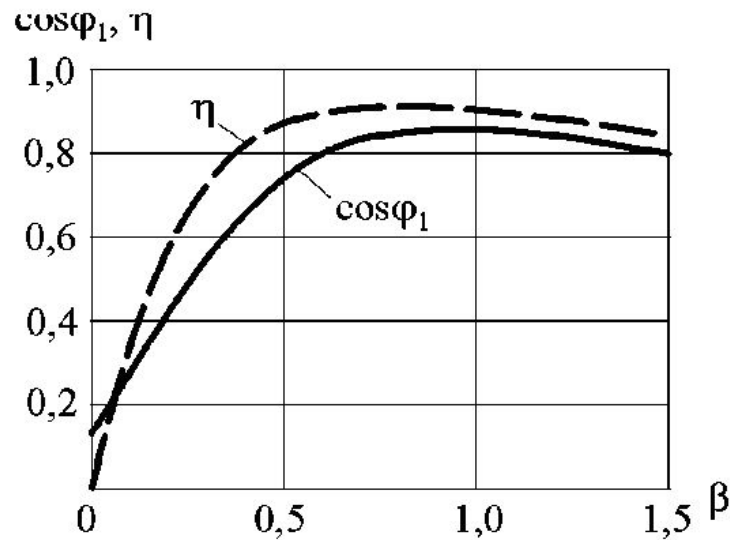
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Асинхронные двигатели обладают высоким КПД. Например, КПД двигателей серии 5А мощностью от 1,5 до 250 кВт составляет соответственно 0,8... 0,96 (80..96%). Большие значения КПД соответствуют более мощным двигателям.

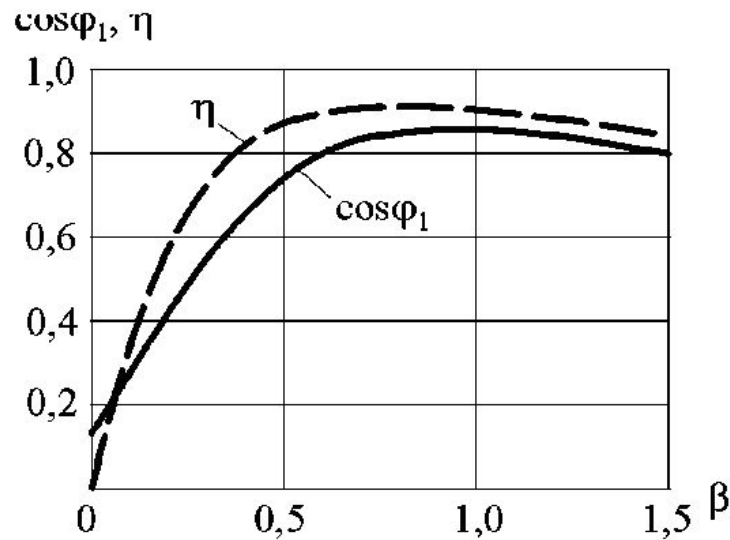
Кроме активной мощности асинхронные двигатели потребляют реактивную мощность необходимую для возбуждения магнитного поля в машине.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



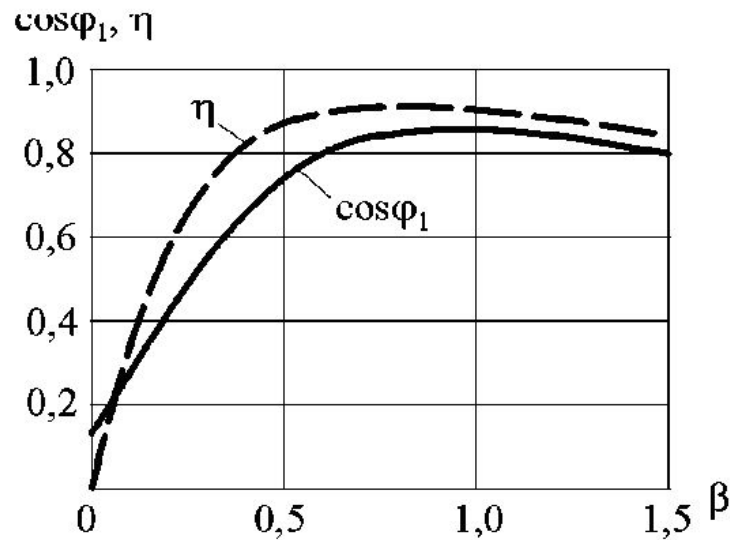
В режиме холостого хода коэффициент мощности двигателя очень низкий ($\cos\varphi$ около 0,1), т.к. активная мощность, расходуемая только на компенсацию потерь в сердечника статора и небольшие механические потери, незначительна, а реактивная мощность почти такая же, как в номинальном режиме.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



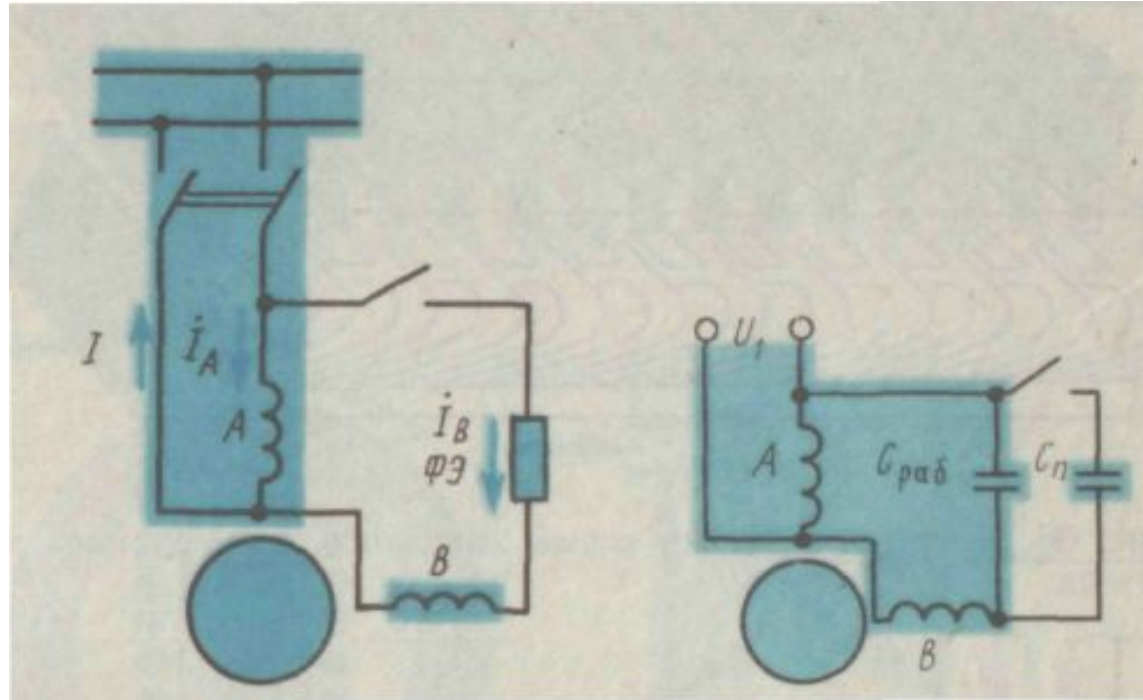
С увеличением нагрузки до номинальной активная мощность увеличивается, а реактивная остаётся практически постоянной и коэффициент мощности возрастает до значений 0,7... 0,9.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



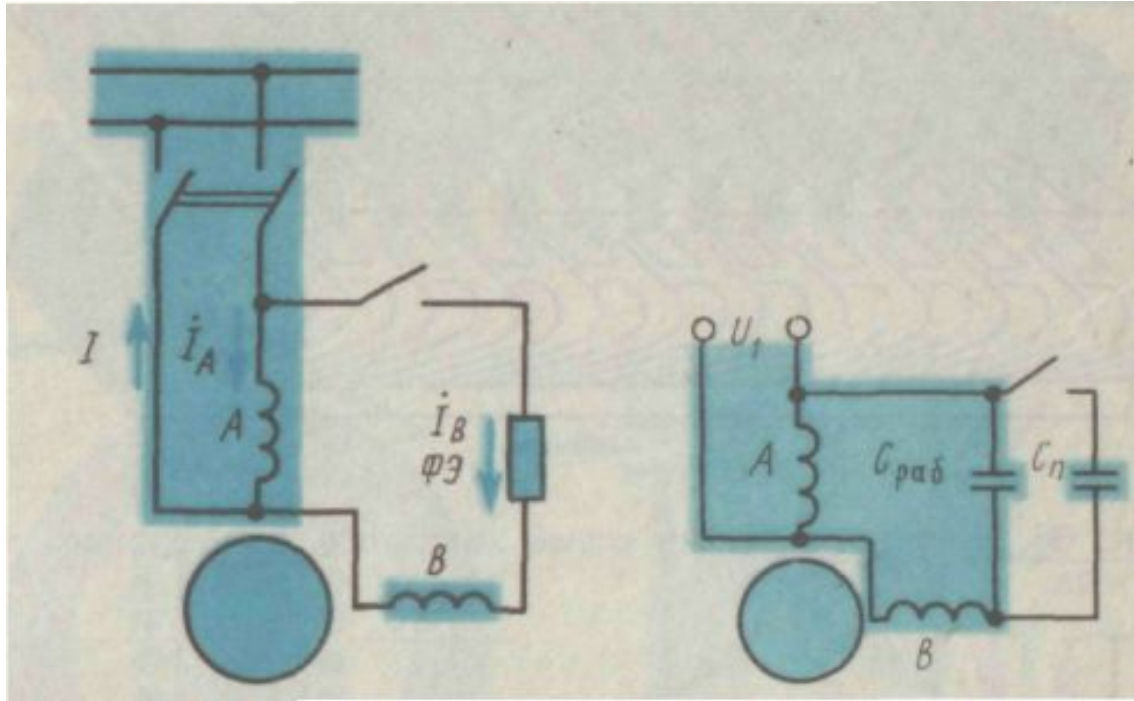
При нагрузке менее половины от номинальной асинхронный двигатель работает с очень низким КПД и коэффициентом мощности. Поэтому при эксплуатации необходимо стремиться к тому, чтобы машина была полностью загружена.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



В однофазных асинхронных двигателях мощностью до 1—2 кВт имеется две обмотки : рабочая А и пусковая В, сдвинутые на половину полюсного деления (90 эл. град). Обе обмотки питаются от сети однофазного тока. Для создания вращающегося магнитного поля через пусковую обмотку должен проходить ток I_B со сдвигом по фазе на 90° по отношению к току I_A рабочей обмотки.

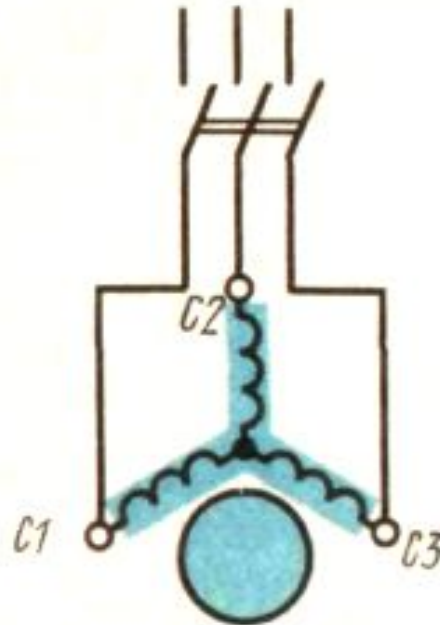
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Это достигается включением в цепь пусковой обмотки фазосдвигающего элемента ФЭ: активного сопротивления или емкости. После запуска двигателя пусковая обмотка отключается. Движение поддерживается пульсирующим полем рабочей обмотки.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Трехфазный асинхронный двигатель имеет на щитке следующие номинальные данные: $P_2 = 11,04$ кВт; $U = 380/220$ В; $\cos\varphi = 0,8$; $\text{КПД} = 85\%$; соединение обмоток по схеме звезда. Чему равны активная P_1 , полная S и реактивная мощности Q двигателя? Каковы величины токов: полного I , активного I_a и реактивного I_r ?



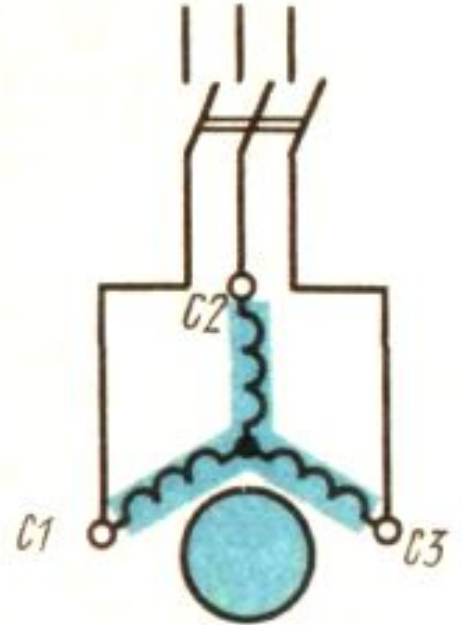
АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

1) Подводимая к двигателю мощность P_1 больше полезной на величину потерь в двигателе, т.е.

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{11,04}{0,85} \approx 13 \text{ кВт.}$$

3) Полная мощность

$$S = \frac{P_2}{\cos \varphi} = \frac{13}{0,8} = 16,25 \text{ кВА.}$$



АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

4) Реактивная мощность

$$Q = S \sin \varphi = 16,25 \cdot 0,6 = 9,75 \text{ квар.}$$

5) Ток в линейный проводах

$$I_{1л} = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{16250}{1,73 \cdot 380} = 24,7 \text{ А.}$$

6) Активный ток

$$I_a = I \cos \varphi = 24,7 \cdot 0,8 = 19,76 \text{ А.}$$

7) Реактивный (намагничивающий) ток

$$I_p = I \sin \varphi = 24,7 \cdot 0,6 = 14,82 \text{ А.}$$

