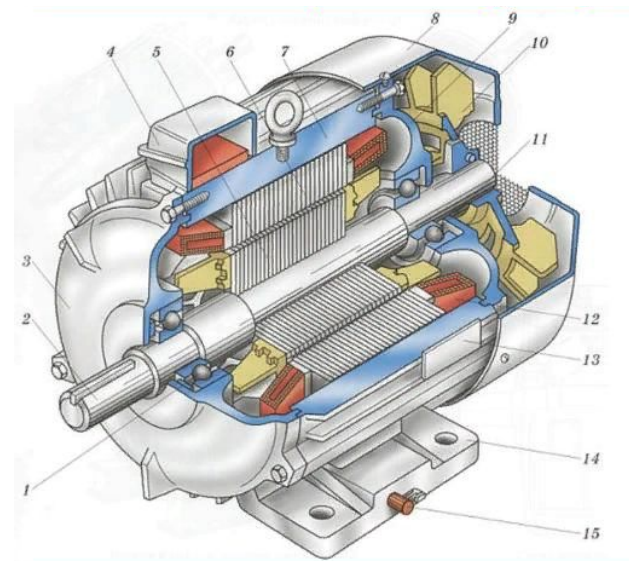
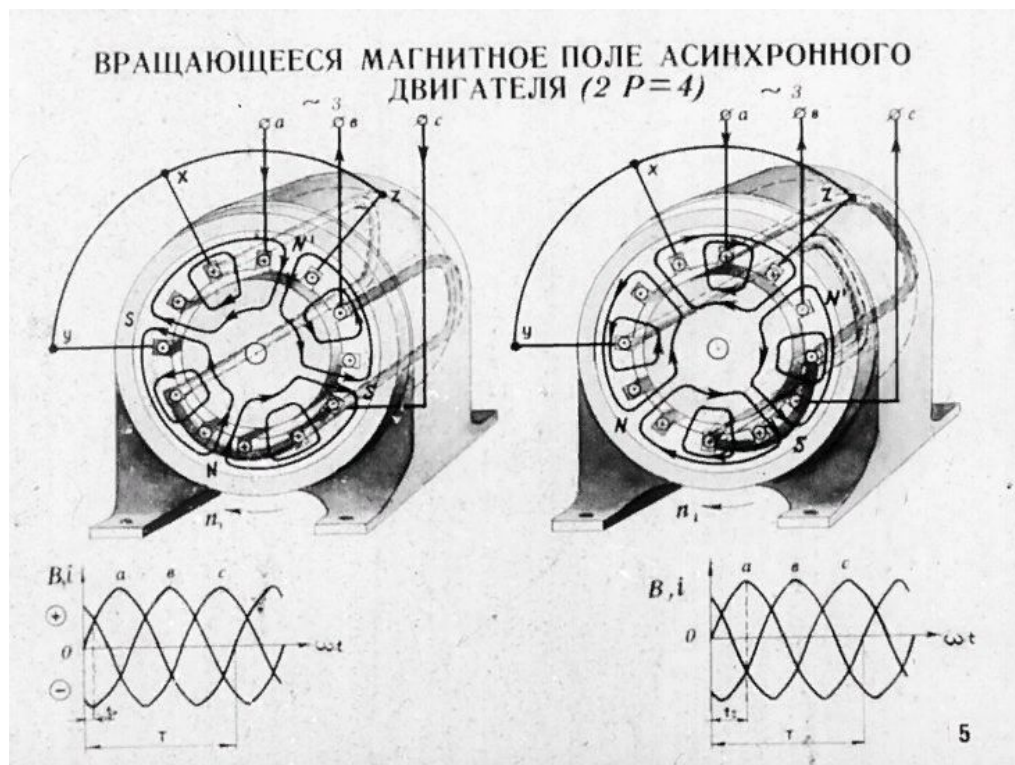
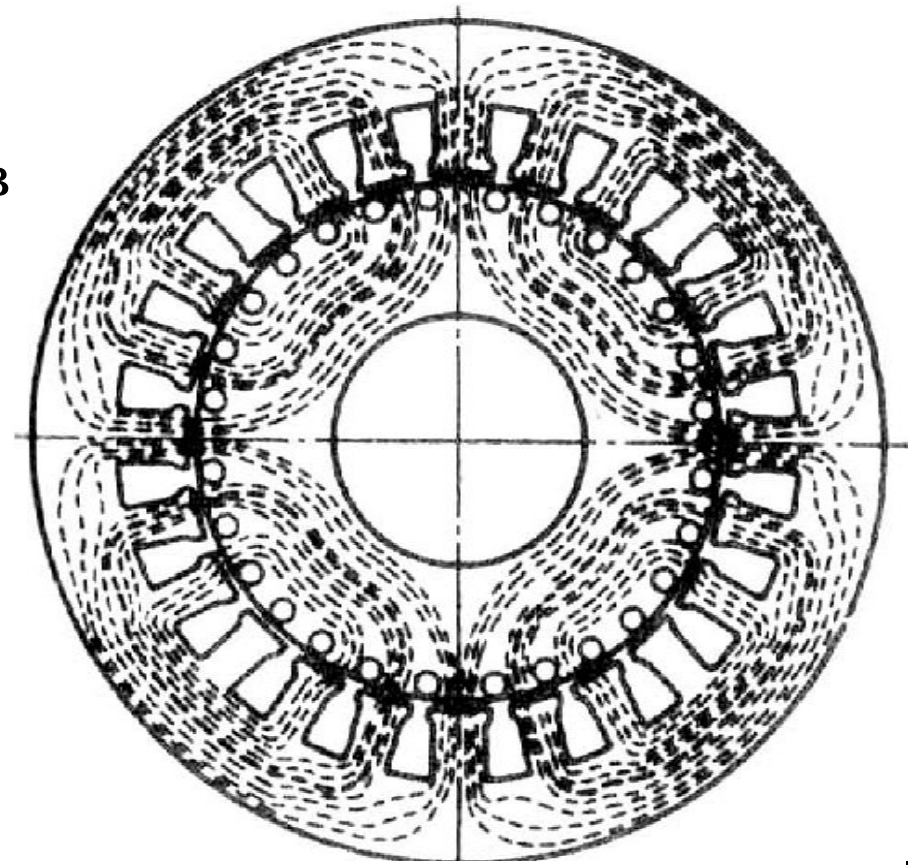


Процессы в асинхронном двигателе



Магнитную систему асинхронной машины называют **неявнополюсной**, так как она не имеет явно выраженных магнитных полюсов.

Количество магнитных полюсов в неявнополюсной магнитной системе определяется числом полюсов в обмотке, возбуждающей магнитное поле, в данном случае в обмотке статора.

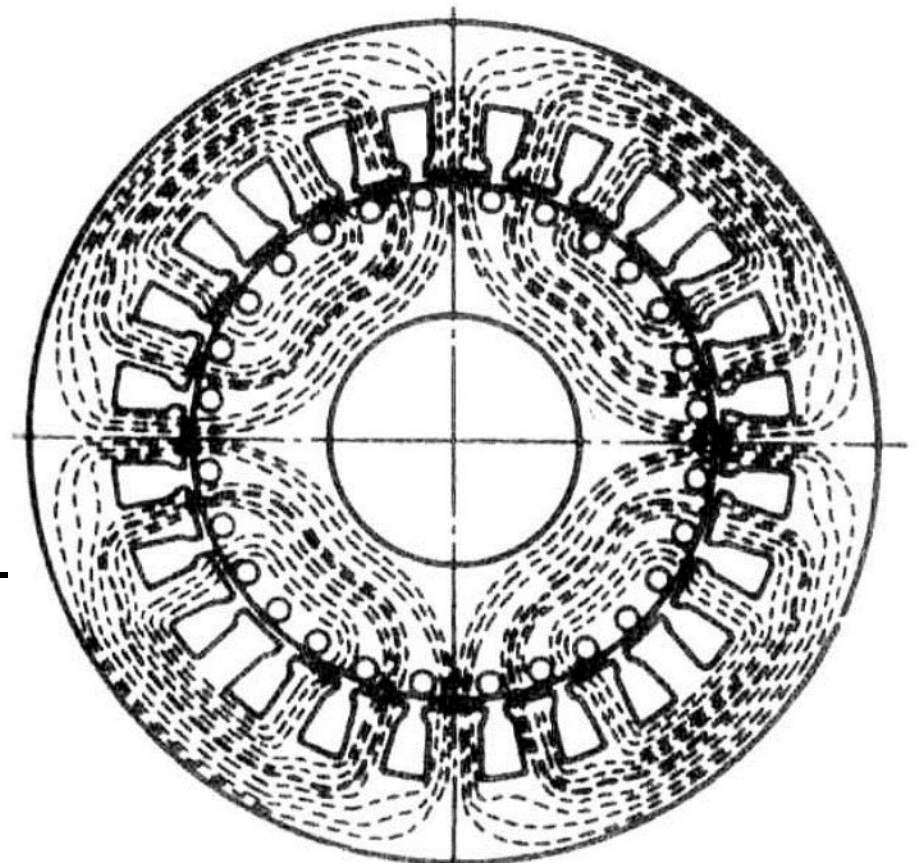


Магнитная система машины, состоящая из сердечников статора и ротора, представляет собой разветвленную симметричную магнитную цепь.



**Магнитная система
четырехполюсной машины
состоит из четырех
одинаковых ветвей, в каждой
из которых замыкается
половина магнитного потока
одного полюса.**

В двухполюсной машине таких ветвей две, в шестиполюсной — шесть и т. д. Каждая из таких ветвей образует неразветвленную магнитную цепь, которая и является предметом расчета.

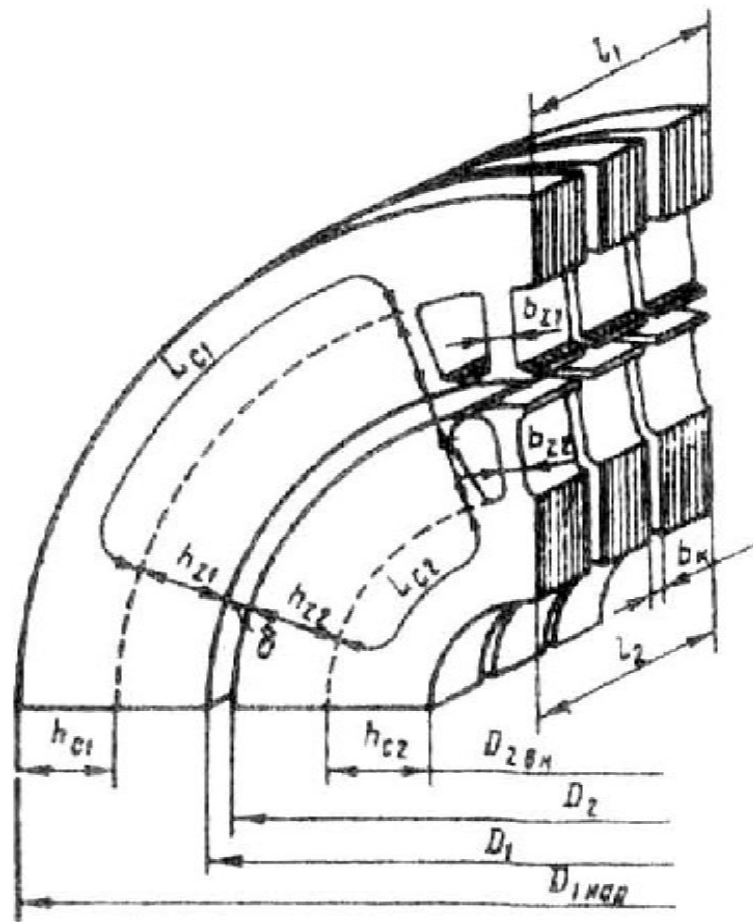


Магнитное поле
четырехполюсной
асинхронной машины

Магнитная цепь неявнополюсной машины

Здесь видны участки магнитной цепи: воздушный зазор δ , зубцовый слой статора h_{c1} , зубцовый слой ротора h_{c2} , спинка ротора L_{c2} , спинка статора L_{c1} .

Замыкаясь в магнитной цепи, магнитный поток проходит воздушный зазор и зубцовые слои статора и ротора дважды.



Каждый из участков магнитной цепи оказывает магнитному потоку некоторое магнитное сопротивление. Поэтому на каждом участке магнитной цепи затрачивается часть МДС обмотки статора, называемая **магнитным напряжением**:

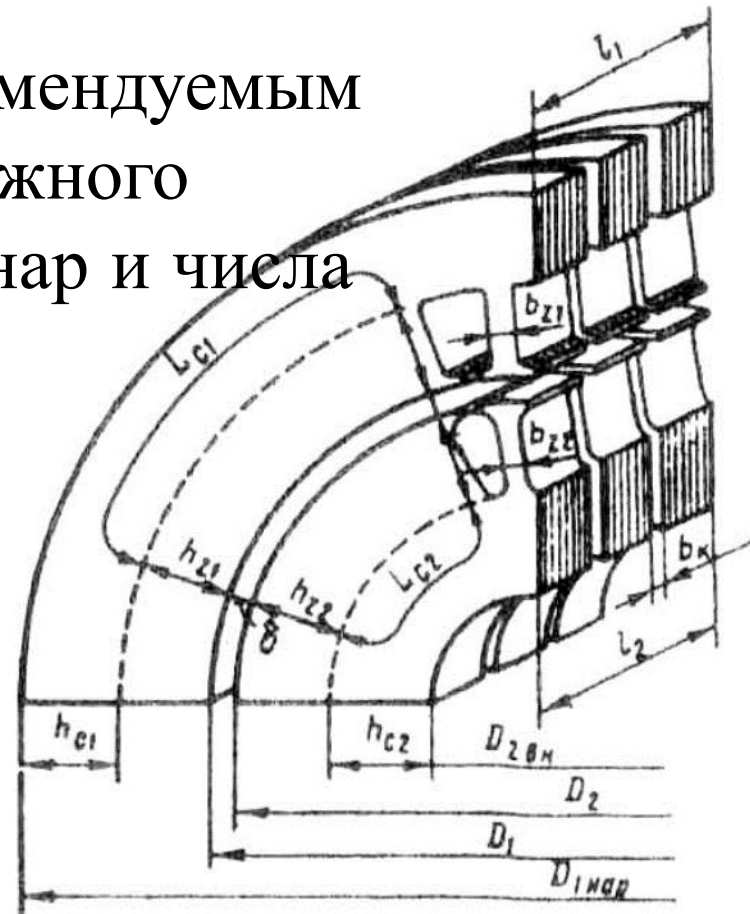
$$\Sigma F = 2F_{\delta} + 2F_{z1} + 2F_{z2} + F_{c1} + F_{c2},$$

где ΣF — МДС обмотки статора на пару полюсов в режиме х.х.;

F_{δ} , F_{z1} , F_{z2} , F_{c1} и F_{c2} — магнитные напряжения соответственно воздушного зазора, зубцовых слоев статора и ротора, спинки статора и ротора.

Исходным параметром при расчете магнитной цепи асинхронного двигателя является максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре B_{δ} .

Величину B_{δ} принимают по рекомендуемым значениям в зависимости от наружного диаметра сердечника статора $D_{1нар}$ и числа полюсов $2p$.



Магнитная индукция $B\delta$ определяет магнитную нагрузку двигателя:

при слишком малом $B\delta$ магнитная система двигателя недогружена, а поэтому габаритные размеры двигателя получаются неоправданно большими;

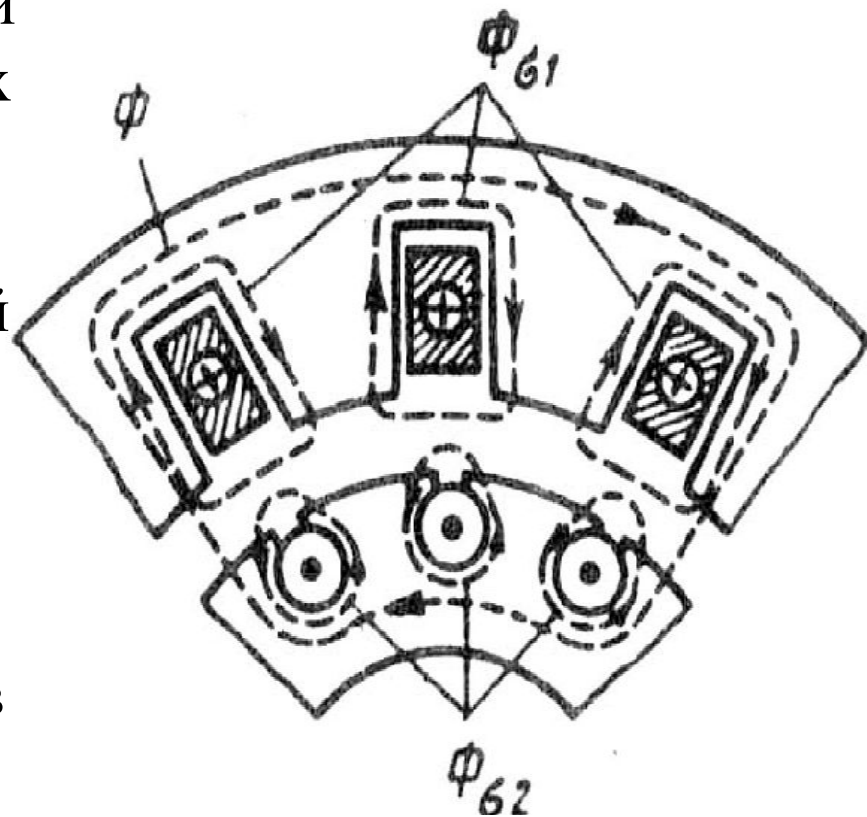
если же задаться чрезмерно большим течением $B\delta$, то резко возрастут магнитные напряжения на участках магнитной системы, особенно в зубцовых слоях статора и ротора, в результате возрастет намагничивающий ток статора I_{μ} снизится КПД двигателя.

Для изготовления сердечников статора и ротора асинхронных двигателей обычно применяют холоднокатаные изотропные листовые электротехнические стали, обладающие одинаковой магнитной проводимостью вдоль и поперек проката листов.

Марка стали	Краткая характеристика	Область применения
2013	Холоднокатаная изотропная, содержащая до 0,4 % кремния	Двигатели мощностью 60 – 90 кВт, напряжением до 660 В
2312	Холоднокатаная изотропная, содержащая 1,8 – 2,8 % кремния	Двигатели мощностью 100 – 400 кВт, напряжением до 660 В
2411	Холоднокатаная изотропная, содержащая 2,8 – 3,8 % кремния	Двигатели мощностью свыше 400 кВт, напряжением 6 или 10 кВ

Магнитные потоки рассеяния асинхронной машины

Помимо основного (главного) магнитного потока Φ в асинхронной машине имеется еще два магнитных потока, называемых потоками рассеяния: магнитный поток рассеяния статора $\Phi_{\sigma 1}$ и магнитный поток рассеяния ротора $\Phi_{\sigma 2}$. Каждый из этих потоков рассеяния сцепляется лишь с собственной обмоткой и наводит в ней ЭДС рассеяния: в обмотке статора $E_{\sigma 1}$, в обмотке ротора $E_{\sigma 2}$.



Наличие магнитных потоков рассеяния обуславливает индуктивности рассеяния в обмотке статора $L \sigma_1$ и в обмотке ротора $L \sigma_2$, а следовательно, и индуктивные сопротивления, называемые индуктивными сопротивлениями рассеяния:

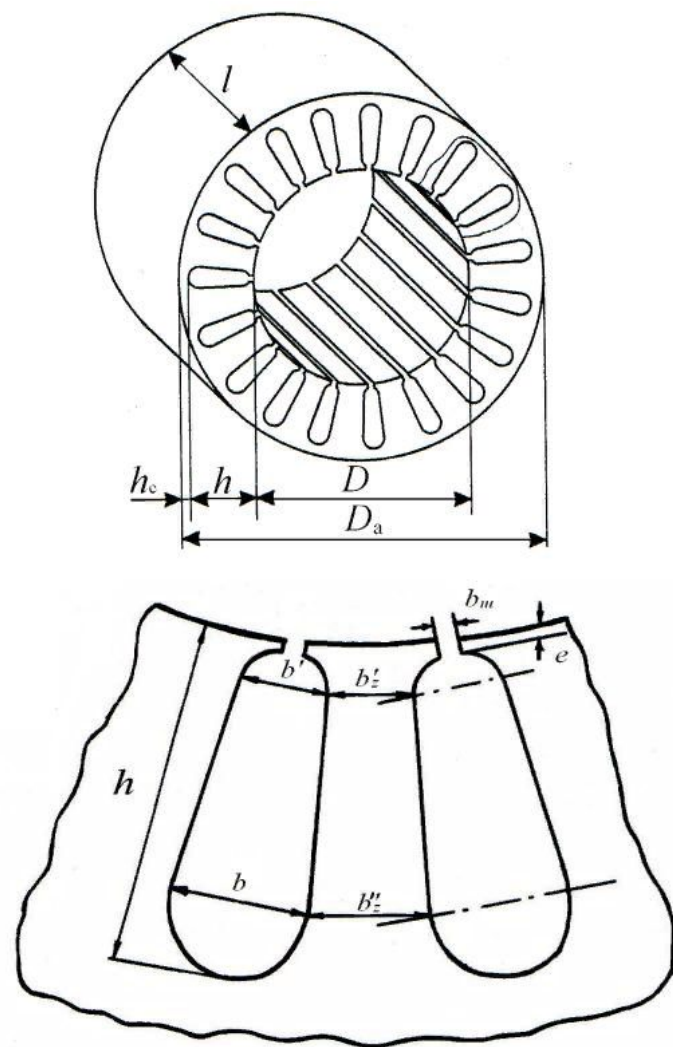
$x_1 = \omega_1 L \sigma_1$ — индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора;

$x_2 = \omega_2 L \sigma_2$ — индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора.

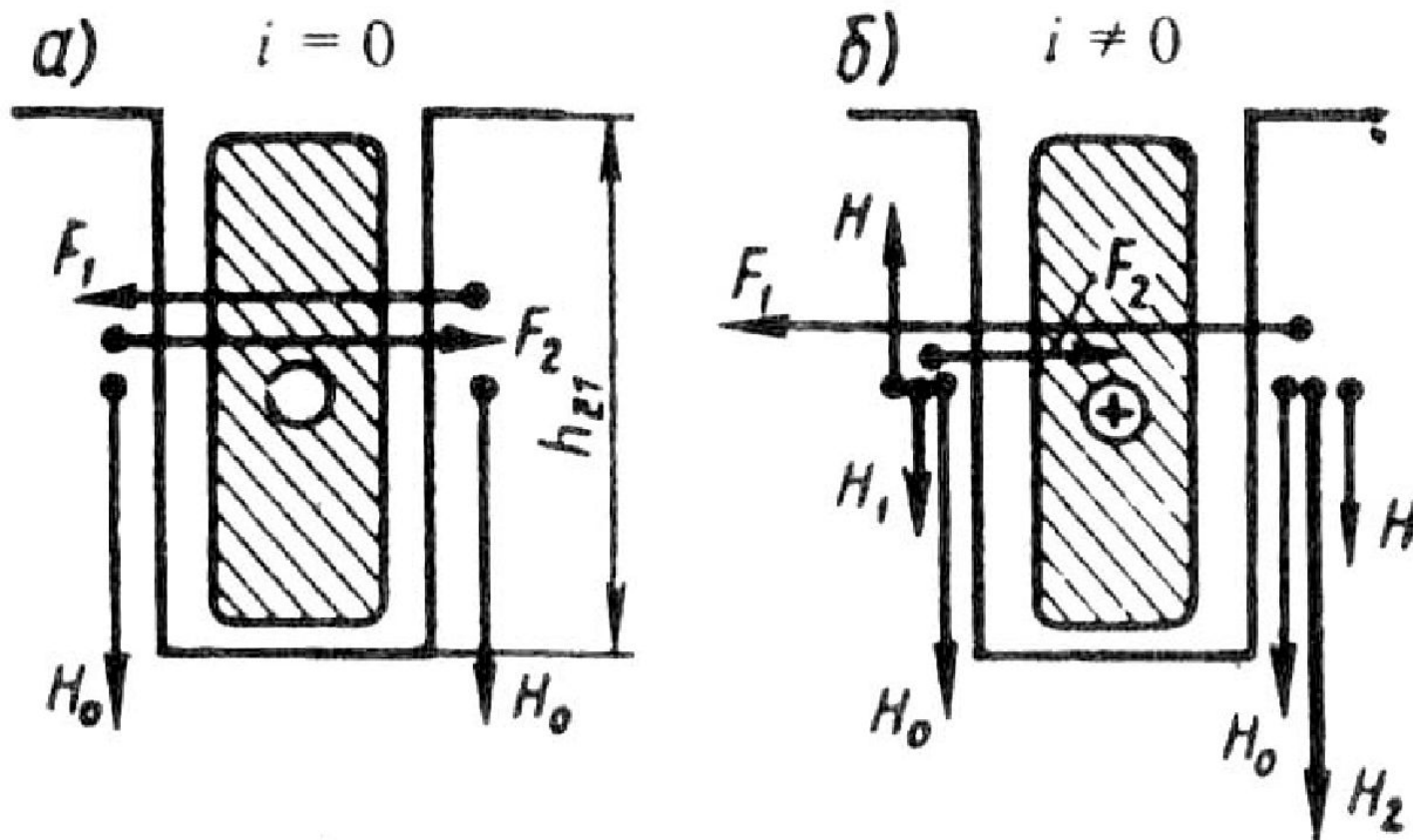
Здесь ω_1 и ω_2 — угловые частоты токов в обмотках статора и ротора.

Роль зубцов сердечника в наведении ЭДС и создании электромагнитного момента

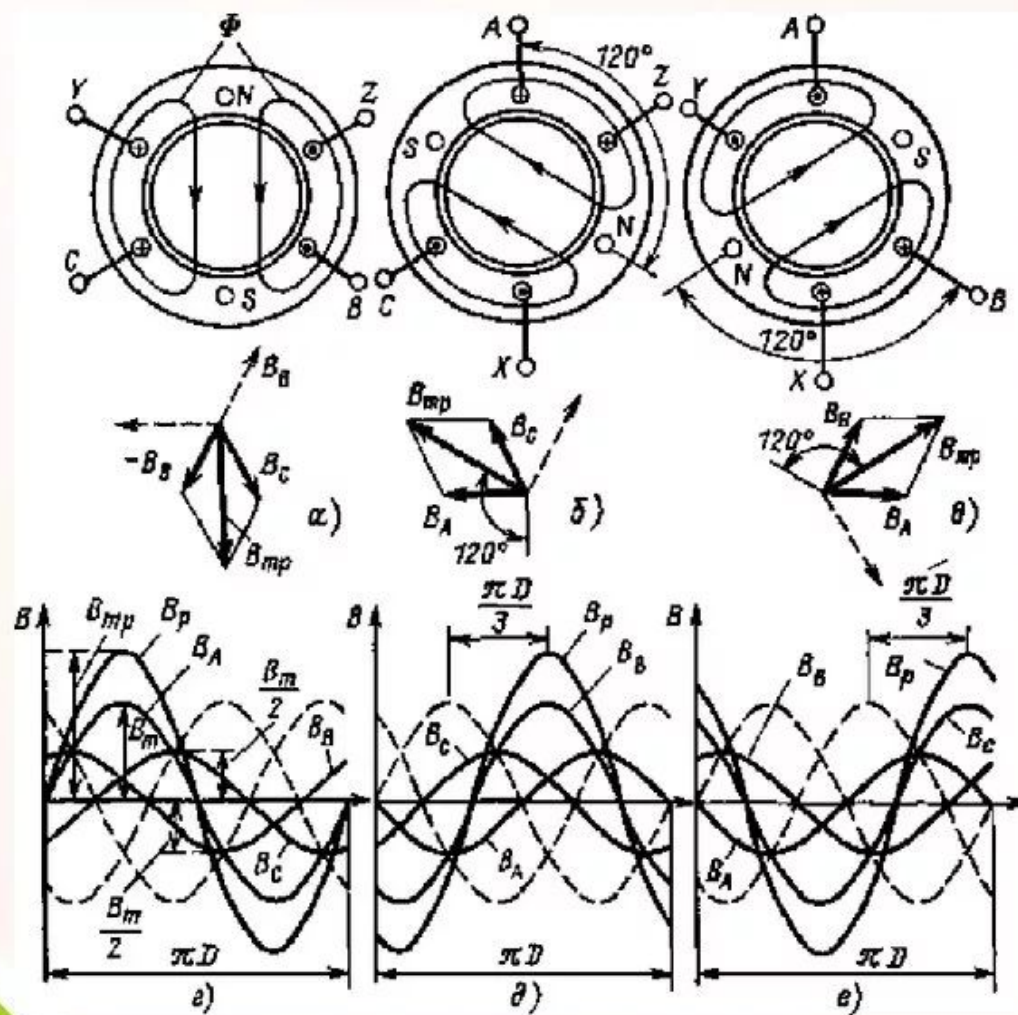
Поверхности сердечников статора и ротора состоят из зубцов и пазов, при этом пазовые стороны обмоток расположены в пазах, где магнитная индукция намного меньше, чем в зубцах. Однако условия наведения ЭДС в обмотке не меняются и остаются такими же, как если бы пазовые стороны обмотки были расположены на гладкой поверхности сердечника. Объясняется это свойством непрерывности магнитных линий.



Согласно этому свойству, магнитные линии вращающегося магнитного поля переводят из одного зубца в другой и пересекают пазовые проводники обмотки, лежащие в пазах между зубцами, наводя в них ЭДС.



ВРАЩАЮЩЕЕСЯ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ



Обмотка статора состоит из 3-х групп катушек смещенных по окружности статора на угол 120° и подключается к 3-х фазной системе ЭДС, где ток каждой фазы смещен во времени на $1/3$ периода (120°).

Совокупность двух условий: смещение тока в пространстве и во времени – обеспечивают соединение в обмотке статора вращающегося магнитного поля.

ПУСК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Для асинхронного двигателя свойственно явление саморегулирования, т.е. изменение тока обмотки статора при изменении тока обмотки ротора (как у трансформатора).

Недостатки:

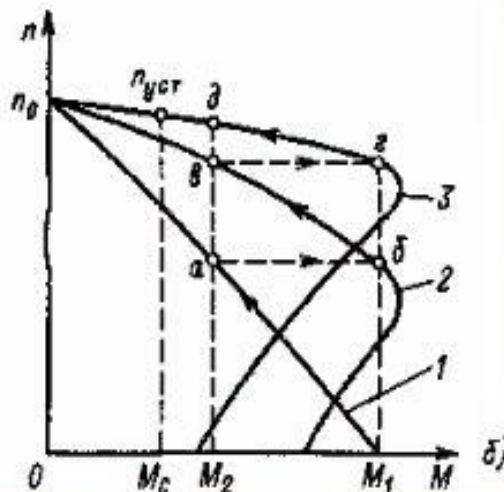
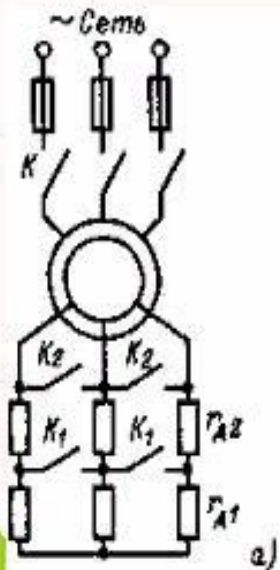
1. Большой пусковой ток при частом пуске приводит к тепловому разрушению обмотки статора.
2. В маломощных сетях большие пусковые токи приводят к снижению напряжения источника.

Для уменьшения пусковых токов применяют следующие способы пуска асинхронного двигателя в ток:

1. Пуск с использованием автотрансформатора.

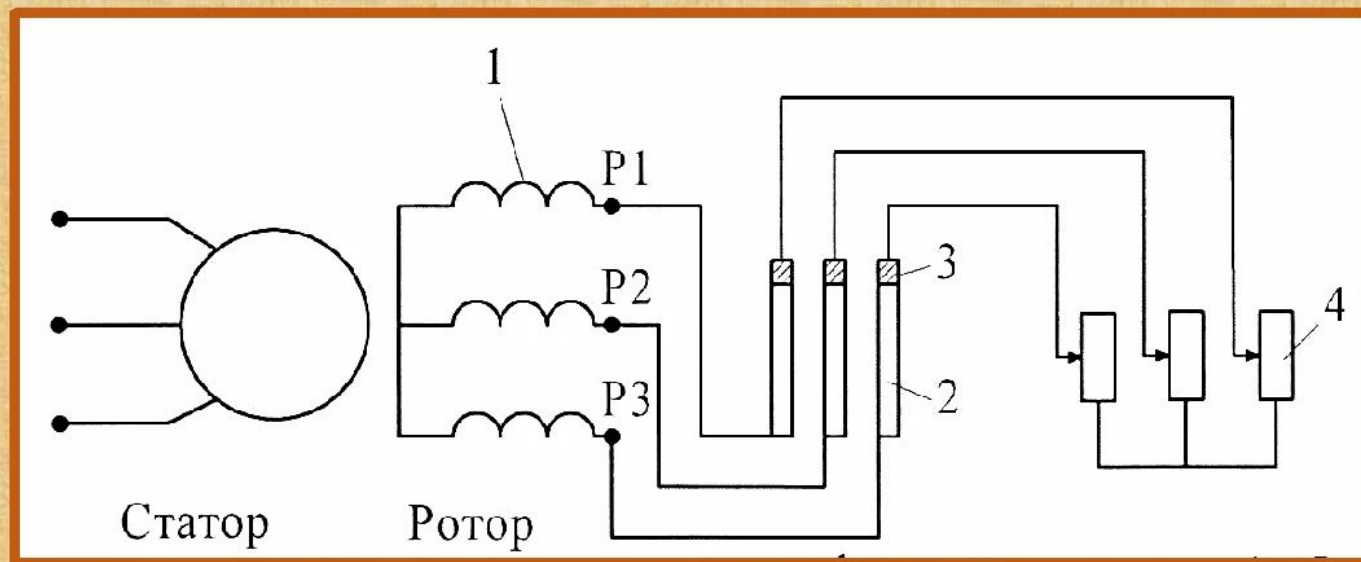
Запускают двигатель на пониженном напряжении, после разгона выводят на номинальное напряжение.

2. Пуск с изменением схемы включения со схемы звезда на схему треугольник. Запуск на фазном напряжении после разгона выводят на линейное.



Выбор конкретного режима пуска определяется электрическими, механическими, экономическими факторами. Вид управляемой нагрузки, также является важным фактором выбора режима запуска.

Запуск асинхронного двигателя с фазным ротором

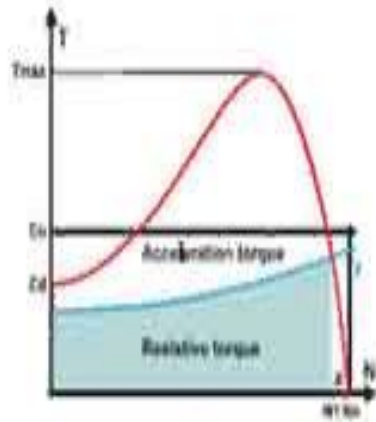
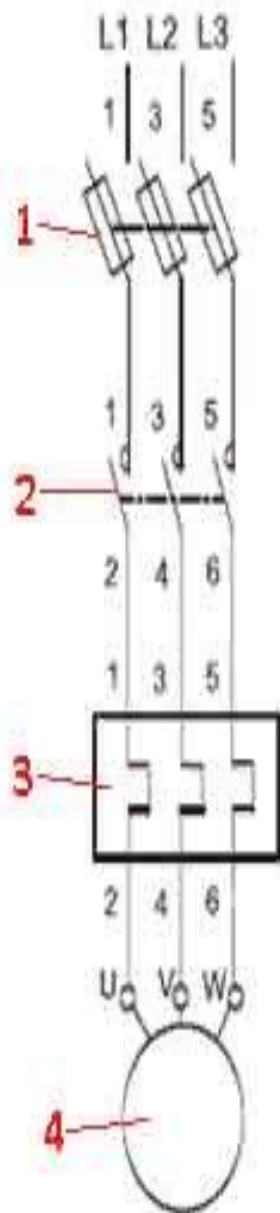


Пусковой ток двигателя с фазным ротором превышает номинальный ток всего на 1,5-2%.

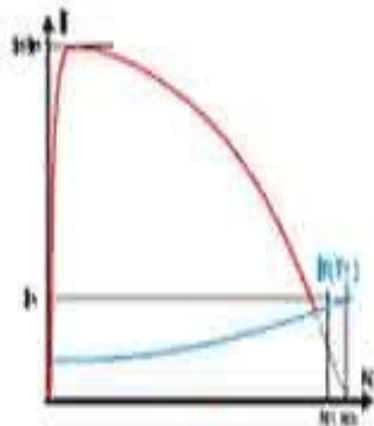
Пусковые режимы свободно вращающегося мотора

Этот режим пуска асинхронного электродвигателя видится самым простым из всех существующих схем. Здесь статор мотора напрямую подключается к источнику питания.

Электродвигатель стартует в соответствии с определённой для него характеристикой.



5



6

Схема на прямые
пусковые режимы
электродвигателя:

- 1 — колодка предохранителей;
- 2 — контактор;
- 3 — биметаллическое реле;
- 4 — мотор;
- 5, 6 — кривые

Когда имеет место момент включения, электрический мотор, в данном случае, работает подобно вторичной обмотке трансформатора. Пусковые режимы здесь характеризуются короткозамкнутым ротором, имеющим крайне малое сопротивление.

На роторе формируется высокий индуцированный ток, превышающий в 5-8 раз номинальный параметр, за счёт чего возрастает пиковый ток в сети питания. Среднее значение пускового момента при этом составляет 0,5-1,5 от номинала.

Преимущества:

1. Простая схема.
2. Высокий пусковой момент.
3. Быстрый старт.
4. Экономия.

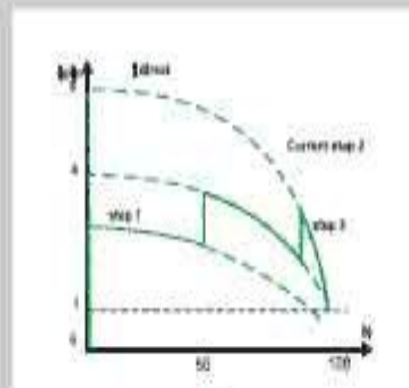
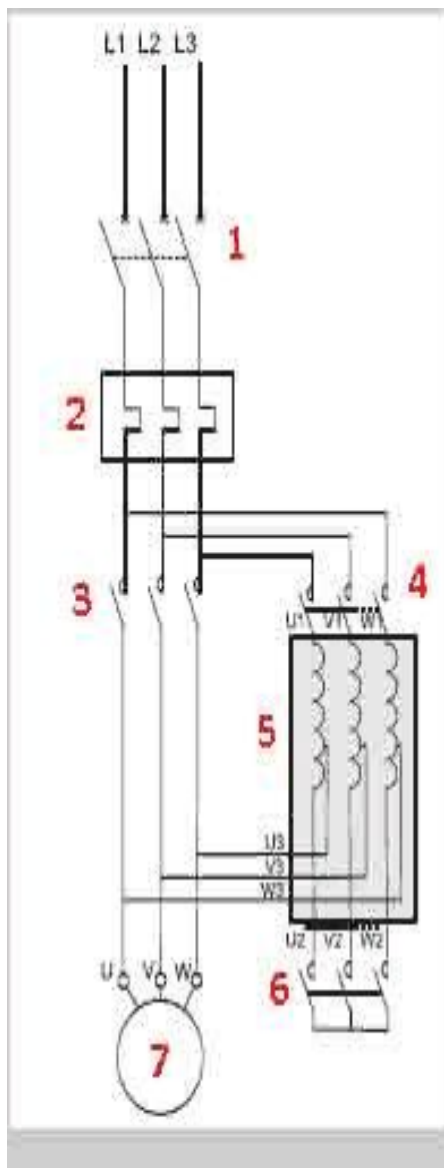
Не смотря на это применяется только в трех случаях:

- мощность электродвигателя низка по сравнению с мощностью сети и не создаёт помехи от пускового тока;
- привод не нуждается в плавном разгоне или имеет демпфирующее устройство, ограничивающее удар при запуске,
- пусковой момент не влияет на работу ведомой машины или нагрузку, приводимую в движение.

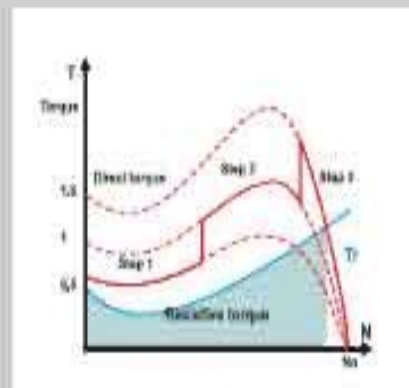
Пусковые режимы автотрансформаторного хода

Режим автотрансформаторного пуска асинхронного электродвигателя характерен способом питания. На мотор подводится пониженное напряжение, благодаря автотрансформатору.

По завершению процесса старта автотрансформатор отключается.



A



B

Автотрансформаторная
схема:

- 1 — контактор 1;
- 2 — тепловая защита;
- 3 — контактор 2;
- 4 — контактор 3;
- 5 — автотрансформатор;
- 6 — контактор 4;
- 7 — мотор.

Пуск выполняется в три этапа:

1. Автотрансформатор подключается к обмоткам мотора, соединённым «звездой». Понижение напряжения регулируется коэффициентом трансформации путём автоматического выбора оптимального отношения.
2. Режим «звезды» остаётся активным до перехода на полное напряжение. Питание осуществляется через часть катушки индуктивности, соединённой последовательно с обмоткой электродвигателя. Операция продолжается до набора оптимальной скорости вращения.

3. Полное соединение.

На эту часть процесса отводятся миллисекунды. Часть обмотки автотрансформатора, последовательно включенной с двигателем, замыкается накоротко, после чего автотрансформатор отключается.

Пусковой процесс проходит без фактора разрыва прохождения тока в обмотках электродвигателя. Поэтому переходные явления по причине разрывов отсутствуют.

Автотрансформаторный режим пуска обычно используется при эксплуатации двигателей мощностью более 150 кВт.

Подобные схемы считаются экономически невыгодными по причине высокой стоимости автотрансформатора.



Пусковые режимы переключением «звезда-треугольник»

Вариант с переключением схемы обмоток применим только на электродвигателях, где начальные и конечные проводники всех трёх обмоток статора выведены на клеммы. Кроме того, обмотка мотора должна иметь исполнение, когда соединение треугольником соответствует сетевому напряжению.

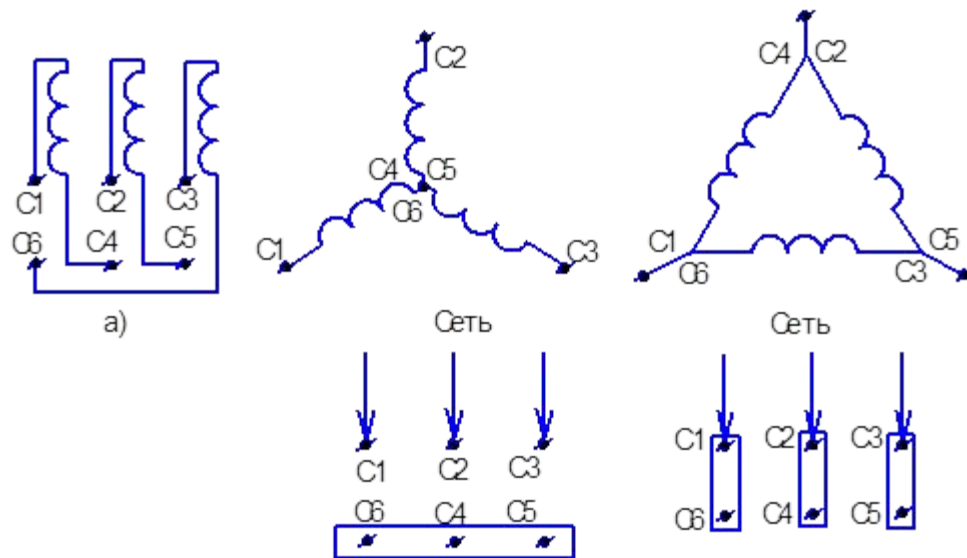


Рис. 1 Выводы обмоток статора 3-х фазного асинхронного двигателя.

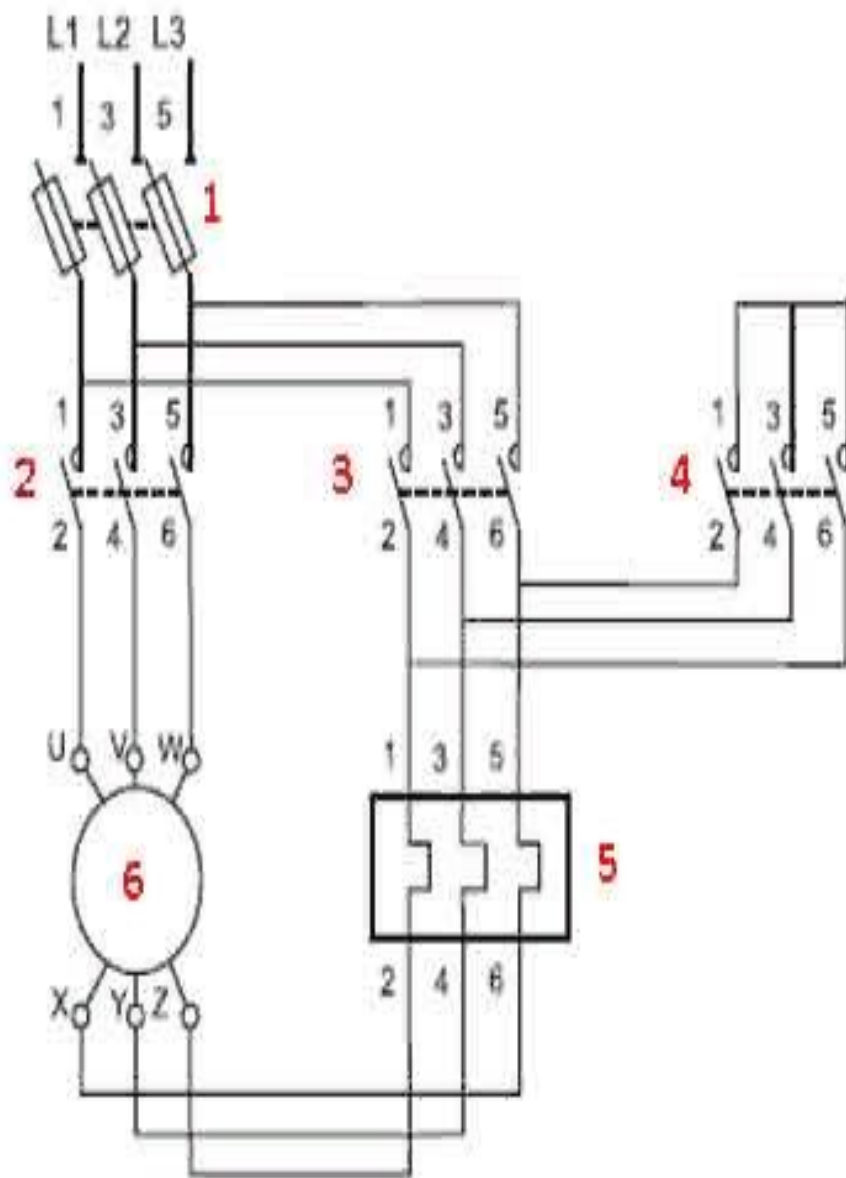


Схема старта «звезда-треугольник»:

- 1 — предохранители;
- 2 — контактор 1;
- 3 — контактор 2;
- 4 — контактор 3;
- 5 — биметаллическое реле защиты;
- 6 — двигатель.

Например, для 3-фазной линейной сети 380В подойдёт электродвигатель с параметрами обмотки 380В – «треугольник» и 660В — «звезда».

Принцип на пусковые режимы асинхронного электродвигателя для этого варианта — старт мотора звездообразным подключением обмотки к сетевому трёхфазному напряжению.