

Принцип действия и режимы работы Электрических машин переменного тока

Асинхронные машины получили наиболее широкое применение в современных электрических установках и являются самым распространенным видом бесколлекторных электрических машин переменного тока.

Как и любая электрическая машина, асинхронная машина обратима и может работать как в генераторном, так и в двигательном режимах.

Кроме того, возможен еще и режим электромагнитного торможения противовключением.



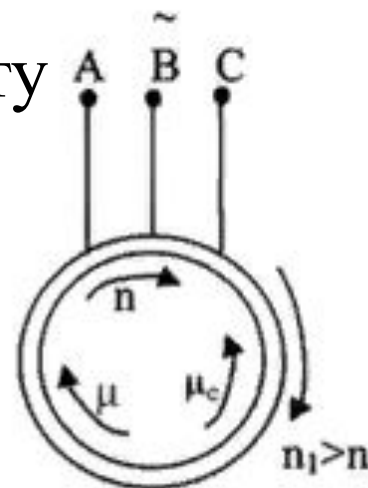
Весьма важным параметром асинхронной машины является *скольжение* — величина, характеризующая разность частот вращения ротора и вращающегося поля статора:

$$S = (n_1 - n_2) / n_1$$

Скольжение выражают в долях единицы либо в процентах. В последнем случае величину, полученную по формуле, следует умножить на 100.

Двигательный режим.

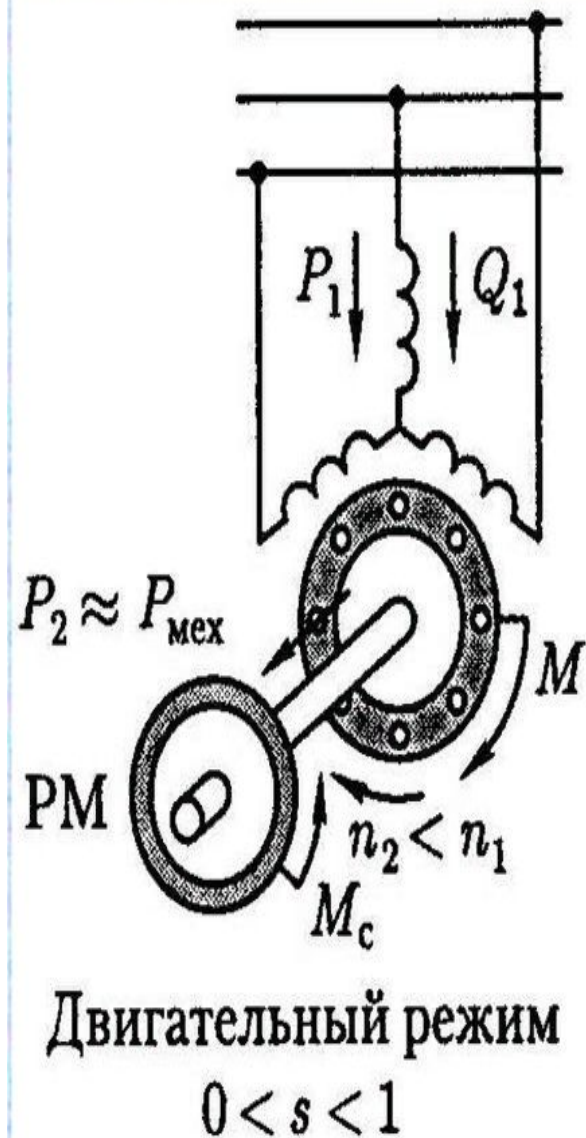
Двигательный режим — основной режим работы асинхронного электродвигателя. При подаче напряжения на обмотки возникает электромагнитный вращающий момент, увлекающий за собой ротор с валом и, таким образом, вал начинает вращаться, двигатель выходит на постоянную частоту вращения, совершая полезную работу.



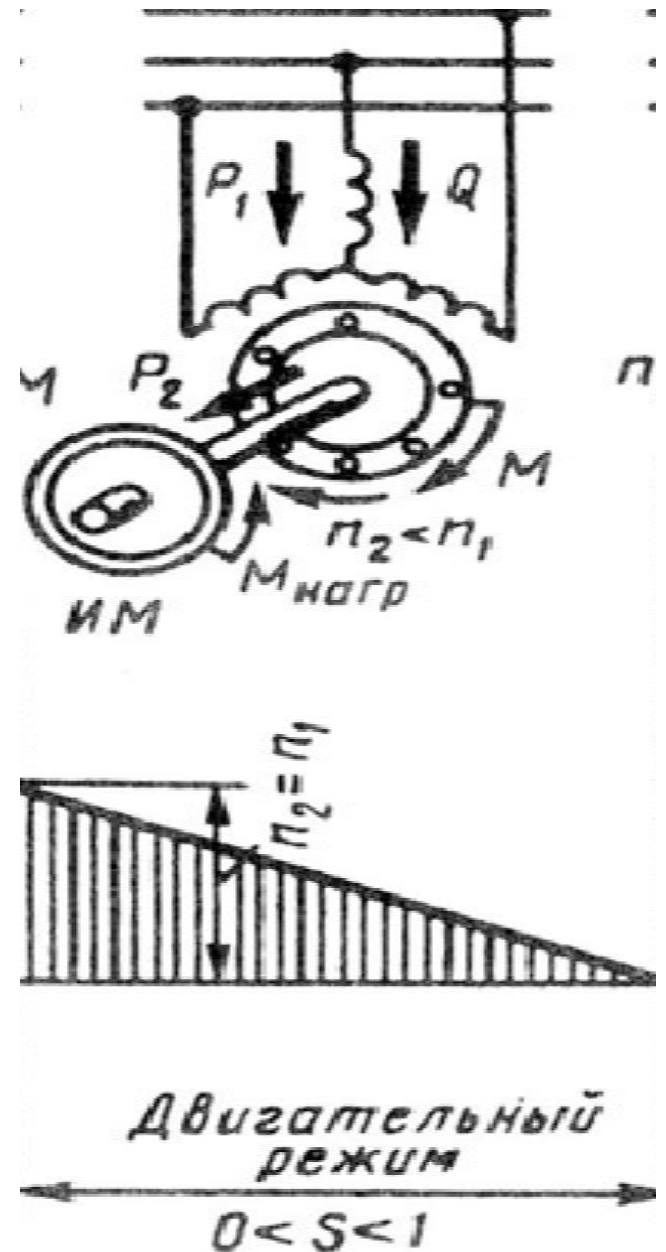
Двигательный
режим

При включении обмотки статора в сеть трех-фазного тока возникает вращающееся магнитное поле, которое, сцепляясь с короткозамкнутой обмоткой ротора, наводит в ней ЭДС. При этом в стержнях обмотки ротора появляются токи. В результате взаимодействия этих токов с вращающимся магнитным полем на роторе возникают электромагнитные силы.

Совокупность электромагнитных сил создает электромагнитный вращающий момент, под действием которого ротор асинхронного двигателя приходит во вращение с частотой $n_2 < n_1$ в сторону вращения поля статора.



Если вал асинхронного двигателя механически соединить с валом какого-либо исполнительного механизма ИМ (станка, подъемного крана и т. п.), то вращающий момент двигателя M , преодолев противодействующий (нагрузочный) момент $M_{\text{нагр}}$, исполнительного механизма, приведет механизм во вращение. Следовательно, электрическая мощность P_1 , поступающая в двигатель из сети, в основной своей части преобразуется в механическую мощность P_2 и передается исполнительному механизму ИМ.



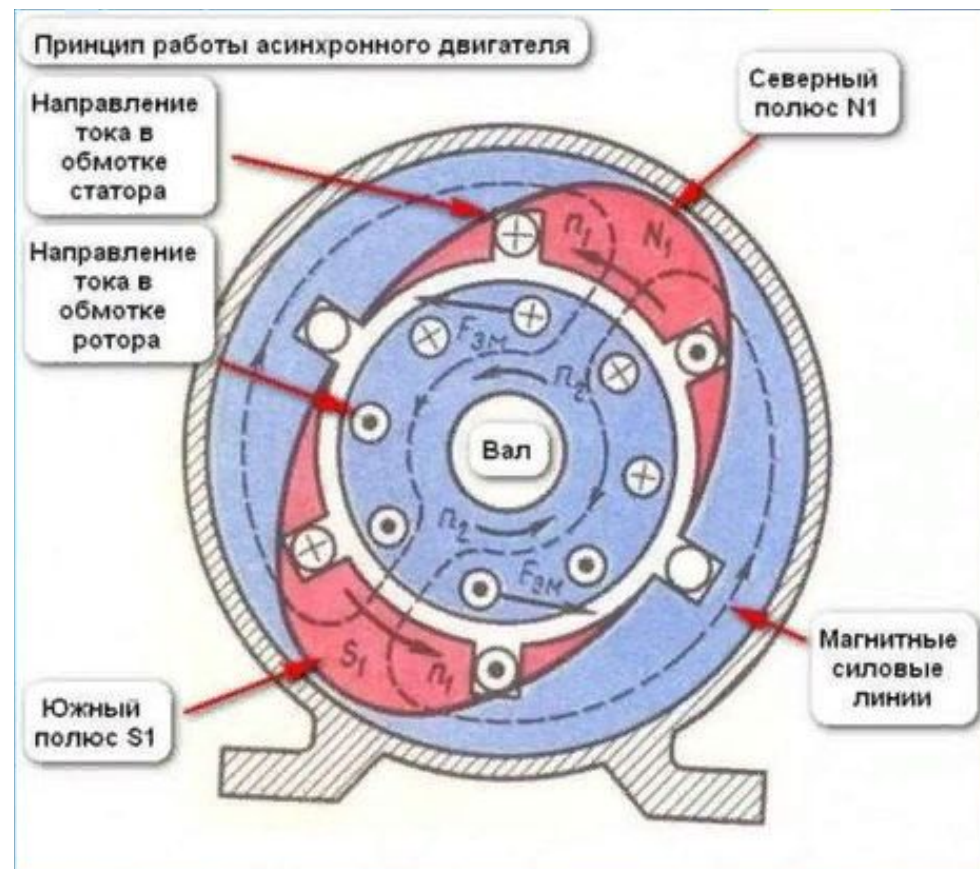
При включении асинхронного двигателя в сеть в начальный момент времени ротор под влиянием сил инерции неподвижен ($n_2 = 0$). При этом скольжение S равно единице.

В режиме работы двигателя *без нагрузки* на валу (режим холостого хода) ротор вращается с частотой лишь немного меньшей синхронной частоты вращения n_1 и скольжение весьма мало отличается от нуля ($s \approx 0$).

Скольжение, соответствующее номинальной нагрузке двигателя, называют номинальным скольжением $S_{НОМ}$.

Для асинхронных двигателей общего назначения $S_{НОМ} = 1 \div 8\%$, при этом для двигателей большой мощности $S_{НОМ} = 1\%$, а для двигателей малой мощности $S_{НОМ} = 8\%$.

Преобразовав выражение
 $S = (n_1 - n_2) / n_1$,
получим формулу для определения
асинхронной частоты вращения (об/мин):
 $n_2 = n_1(1-s)$.



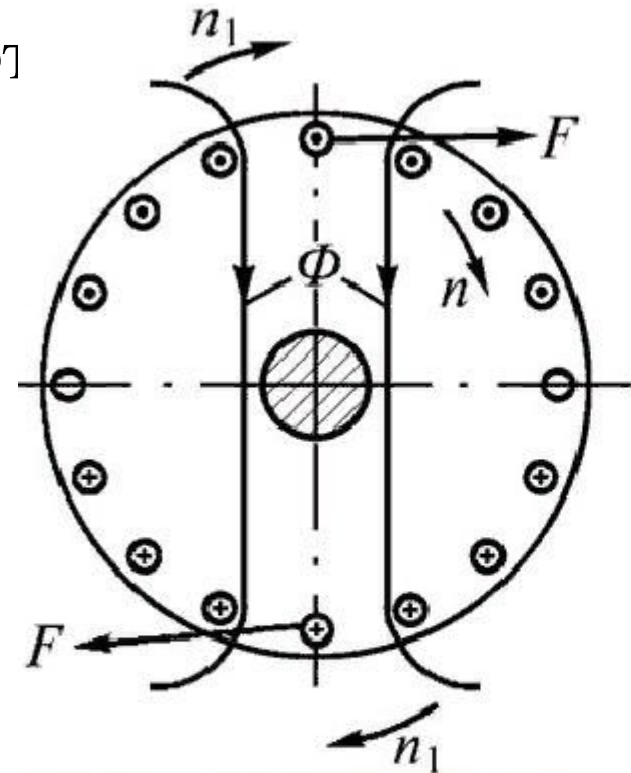
Пример: Трехфазный асинхронный двигатель с числом полюсов $2p = 4$ работает от сети с частотой тока $f_1 = 50$ Гц. Определить частоту вращения двигателя при номинальной нагрузке, если скольжение при этом составляет 6%.

Решение: Синхронная частота вращения
$$n_1 = f_1 \cdot 60 / 2p = 50 \cdot 60 / 4 = 1500 \text{ об/мин.}$$

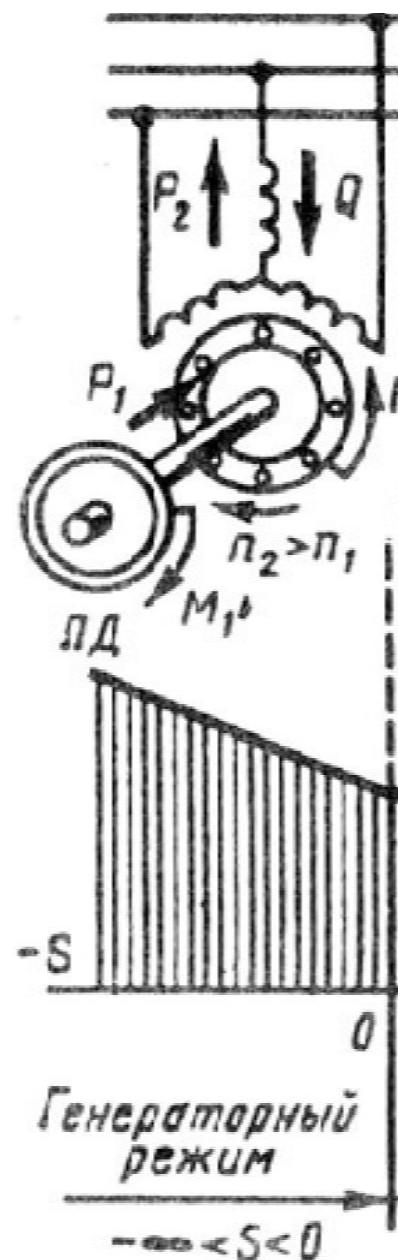
Номинальная частота вращения
$$n_{\text{ном}} = n_1(1 - s_{\text{ном}}) = 1500(1 - 0,06) = 1412 \text{ об/мин.}$$

Генераторный режим.

В генераторном режиме частота вращения ротора должна соответствовать синхронной частоте двигателя, которая выше его рабочей (асинхронной) частоты.

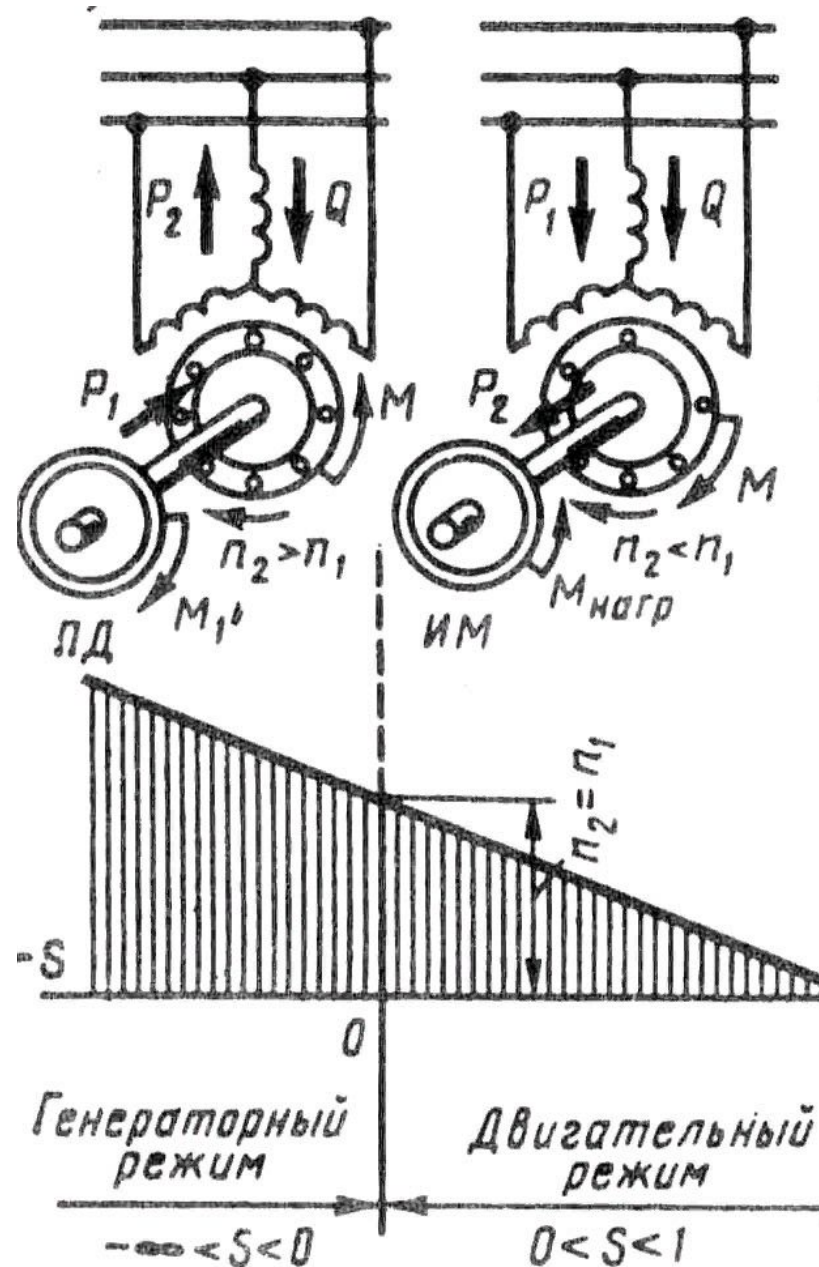


Если обмотку статора включить в сеть, а ротор асинхронной машины посредством приводного двигателя ПД (двигатель внутреннего сгорания, турбина и т. п.), являющегося источником механической энергии, вращать в направлении вращения магнитного поля статора с частотой $n_2 > n_1$, то направление движения ротора относительно поля статора изменится на обратное (по сравнению с двигательным режимом работы машины), так как ротор будет обгонять поле статора.



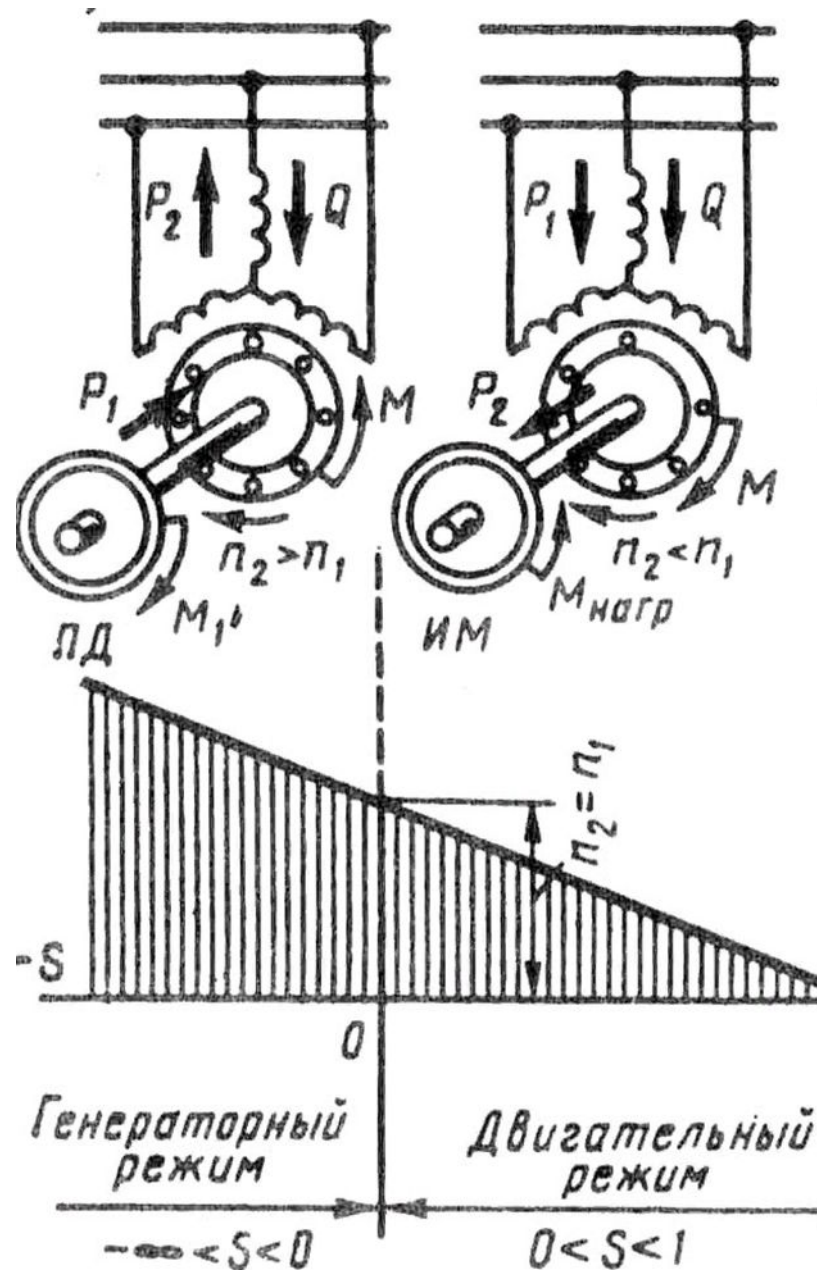
При этом скольжение станет отрицательным, а ЭДС, наведенная в обмотке ротора, изменит свое направление.

Электромагнитный момент на роторе M изменит свое направление, т. е. будет направлен встречно вращающемуся магнитному полю статора и станет тормозящим по отношению к вращающемуся моменту приводного двигателя M_1 .



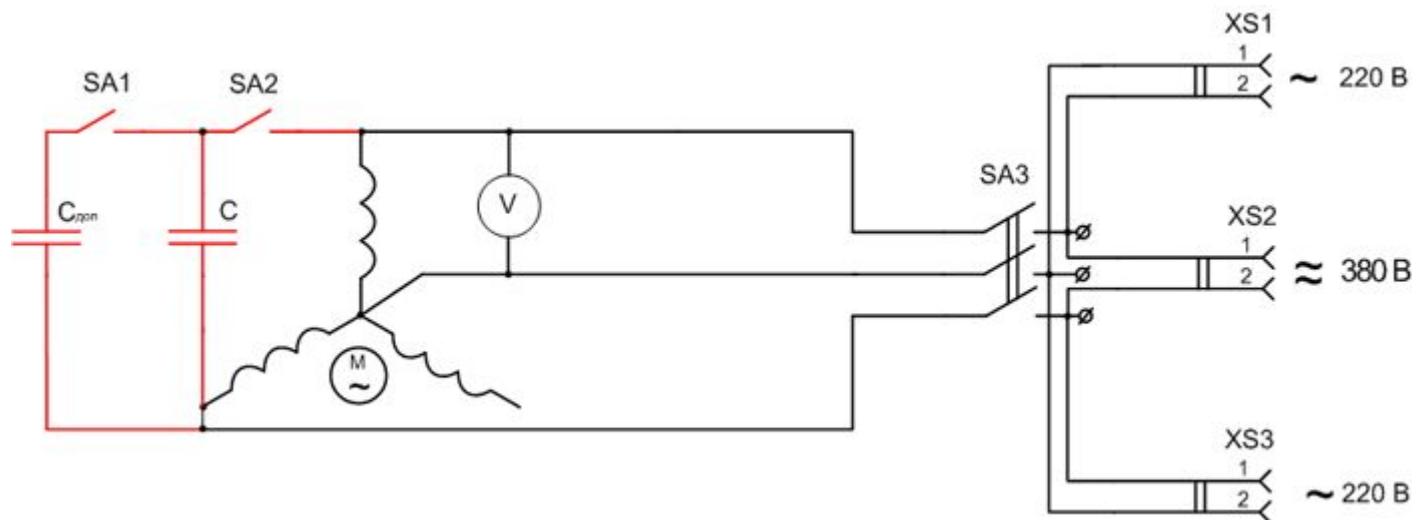
В этом случае механическая мощность приводного двигателя в основной своей части будет преобразована в электрическую активную мощность P_2 переменного тока.

Особенность работы асинхронного генератора состоит в том, что вращающееся магнитное поле в нем создается реактивной мощностью Q трехфазной сети, в которую включен генератор и да он отдает вырабатываемую активную мощность P_2 .



Следовательно, для работы асинхронного генератора необходим источник переменного тока, при подключении к которому происходит возбуждение генератора, т. е. в нем возбуждается вращающееся магнитное поле.

Скольжение асинхронной машины в генераторном режиме может изменяться в диапазоне $-\infty < s < 0$, т. е. оно может принимать любые отрицательные значения.



Режим торможения противовключением.

У асинхронного двигателя есть два рабочих тормозных режима: динамический, режим противовключения и режим рекуперативного торможения.

Режим рекуперативного торможения может появляться только в том случае, если роторная скорость асинхронного двигателя будет превышать синхронную скорость.

На практике такой режим применяется к двигателям, в которых можно переключать полюса, а также в приводах машин, осуществляющих грузоподъем.

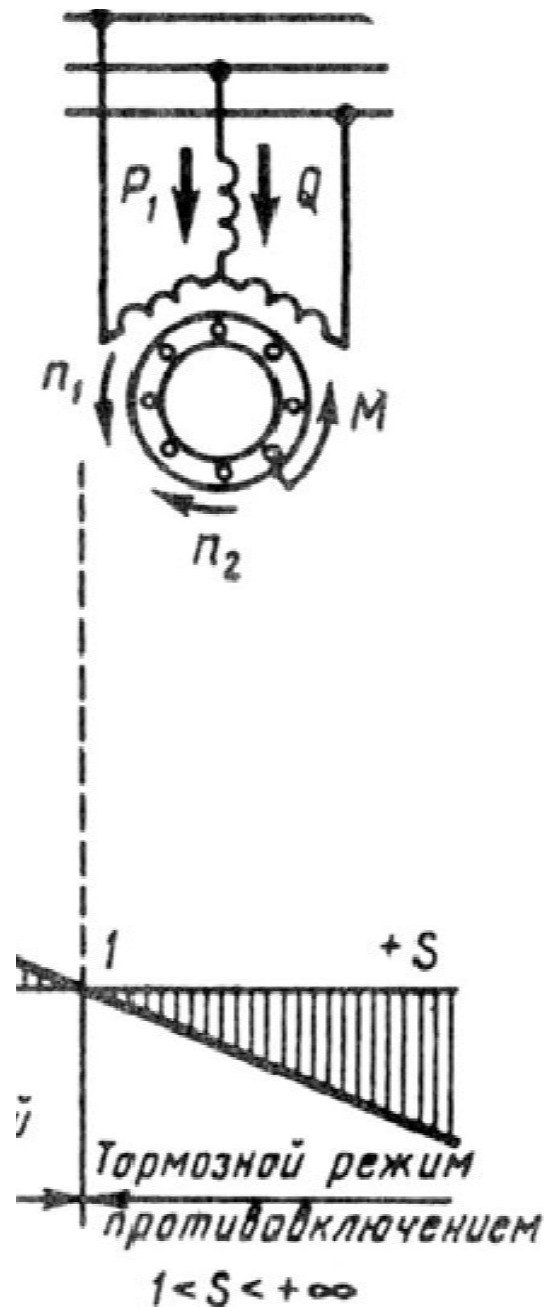
Асинхронный двигатель можно перевести в режим торможения противовключением двумя способами:

1. Введением реостата в цепь ротора (не экономично).
2. Изменением порядка чередования фаз (широкое применение).

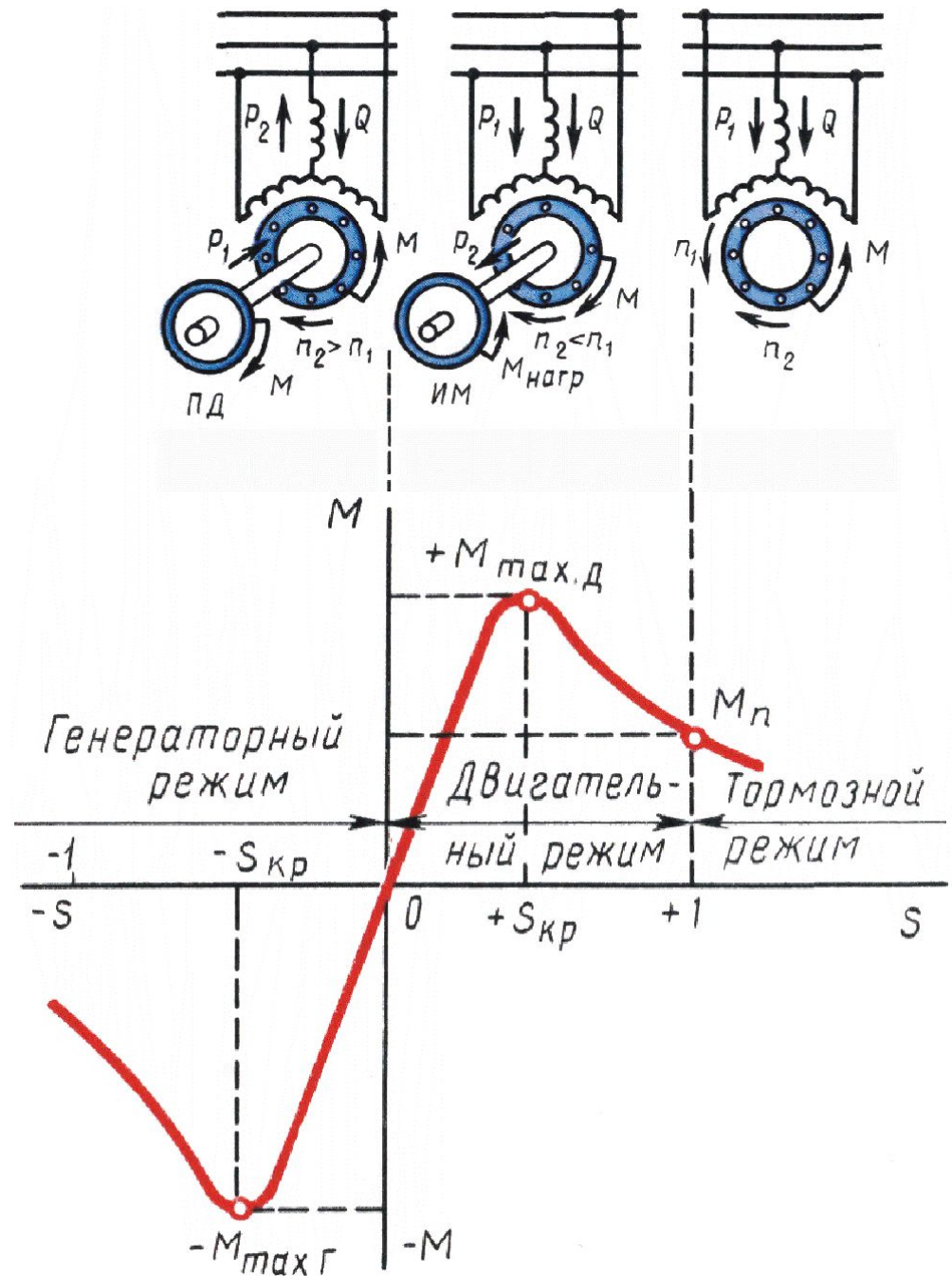
Суть второго заключается в изменении чередования двух фаз напряжения, от которого питается электрический двигатель.

Если у работающего трехфазного асинхронного двигателя поменять местами любую пару подходящих к статору из сети присоединительных проводов, то вращающееся поле статора изменит направление вращения на обратное.

При этом ротор асинхронной машины под действием сил инерции будет продолжать вращение в прежнем направлении.



Ротор и поле статора асинхронной машины будут вращаться в противоположных направлениях. В этих условиях электромагнитный момент машины, направленный в сторону вращения поля статора, будет оказывать на ротор тормозящее действие.

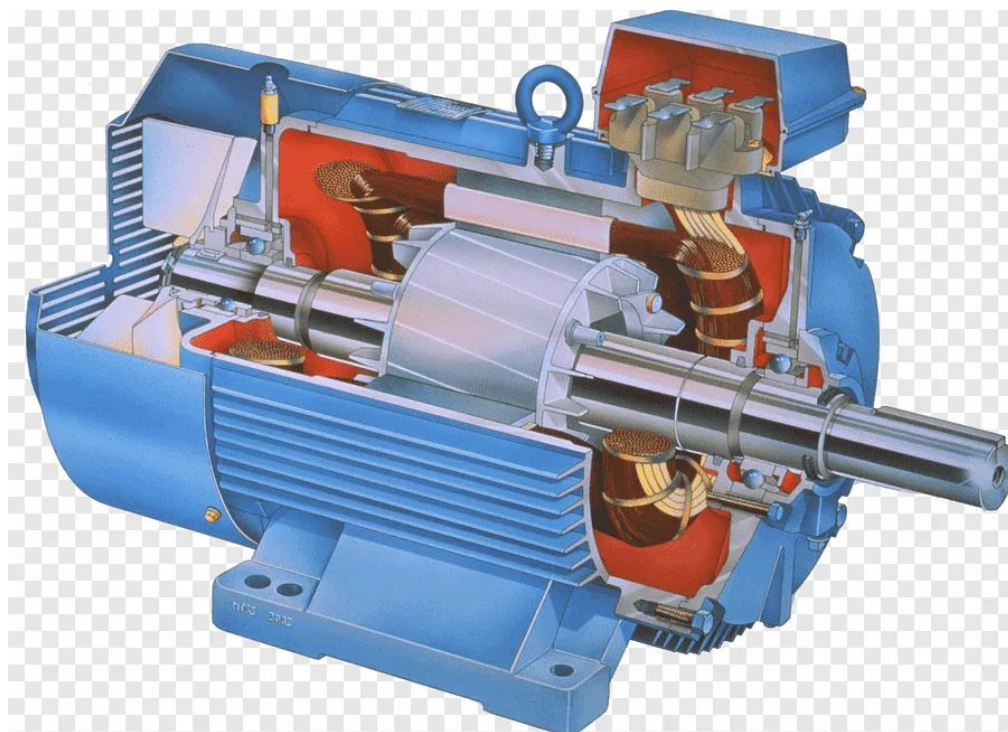


Активная мощность, поступающая из сети в машину при этом режиме, частично затрачивается на компенсацию механической мощности вращающегося ротора, т. е. на его торможение.

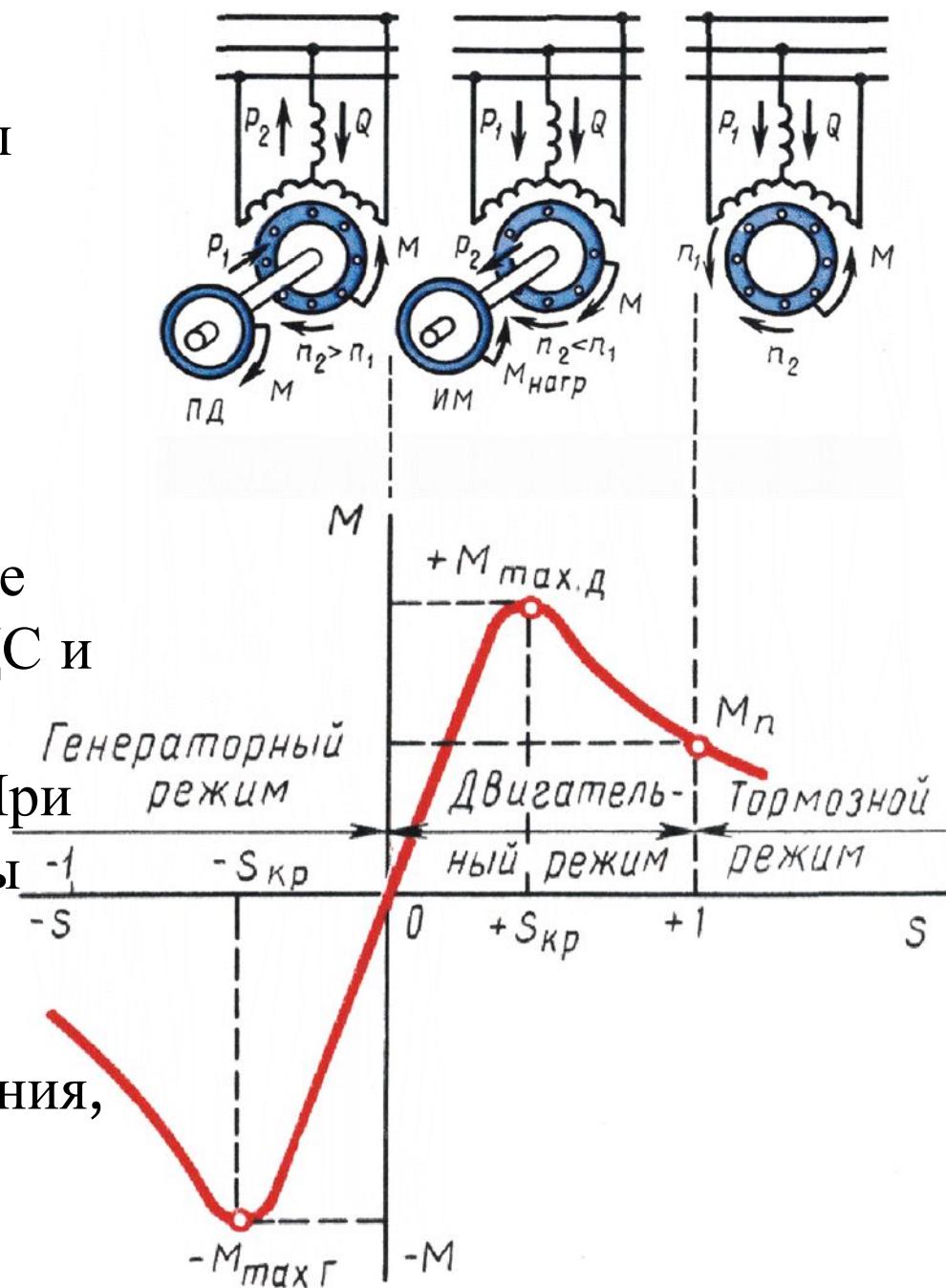
В режиме электромагнитного торможения частота вращения ротора является отрицательной, а поэтому скольжение приобретает положительные значения больше единицы:

$$s = [n_1 - (-n_2)] / n_1 = (n_1 + n_2) / n_1 > 1.$$

Скольжение асинхронной машины в режиме торможения противовключением может изменяться в диапазоне $1 < s < +\infty$, т. е. оно может принимать любые положительные значения больше единицы.



Характерной особенностью работы асинхронной машины является неравенство частот вращения магнитного поля статора n_1 и ротора n_2 , т. е. наличие скольжения, так как только в этом случае вращающееся магнитное поле наводит в обмотке ротора ЭДС и на роторе возникает электромагнитный момент. При этом каждому режиму работы асинхронной машины соответствует определенный диапазон изменений скольжения, а следовательно, и частоты вращения ротора.



Из рассмотренных режимов работы наибольшее практическое применение получил **двигательный** режим асинхронной машины, т. е. чаще используют асинхронные двигатели, которые составляют основу современного электропривода, выгодно отличаясь от других электродвигателей простотой конструкции и высокой надежностью.