

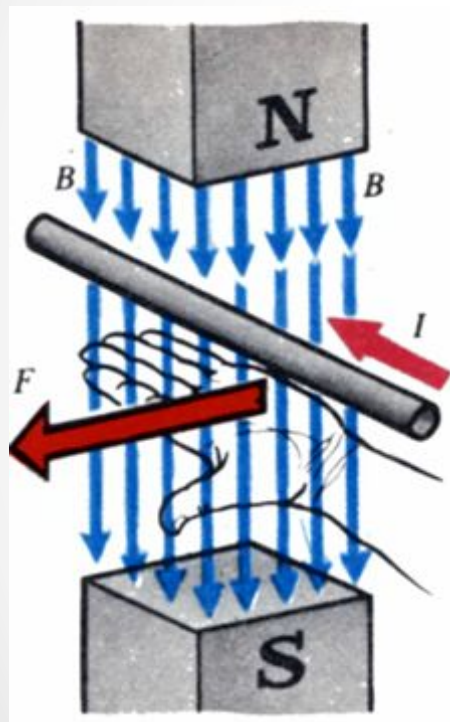
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электродвигатель постоянного тока (ДПТ) - электрическая машина постоянного тока, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию.



Принцип работы ЭД постоянного тока

Работа электрического двигателя постоянного тока основана на явлении электромагнитной индукции. Из основ электротехники известно, что на проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила, определяемая по правилу левой руки.



При пересечении проводником магнитных силовых линий машины в нем наводится электродвижущая сила, которая по отношению к току в проводнике направлена против него, поэтому она называется обратной или противодействующей (противо-э. д. с.). Электрическая мощность в двигателе преобразуется в механическую и частично тратится на нагревание проводника.

где I — ток, протекающий по проводнику,

B — индукция магнитного поля; L — длина проводника.

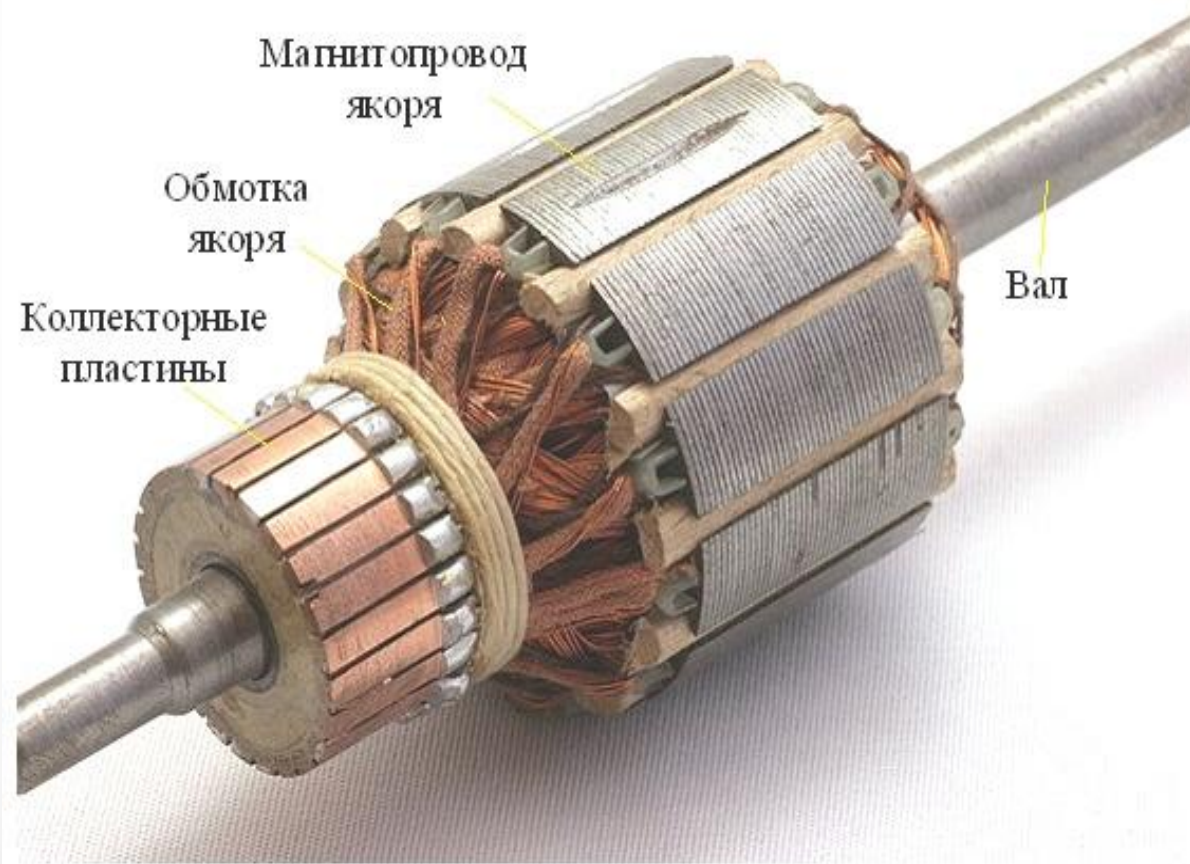
Основные части двигателя постоянного тока

Конструктивно все **электрические
двигатели постоянного тока** состоят
из индуктора и якоря, разделенных
воздушным зазором.

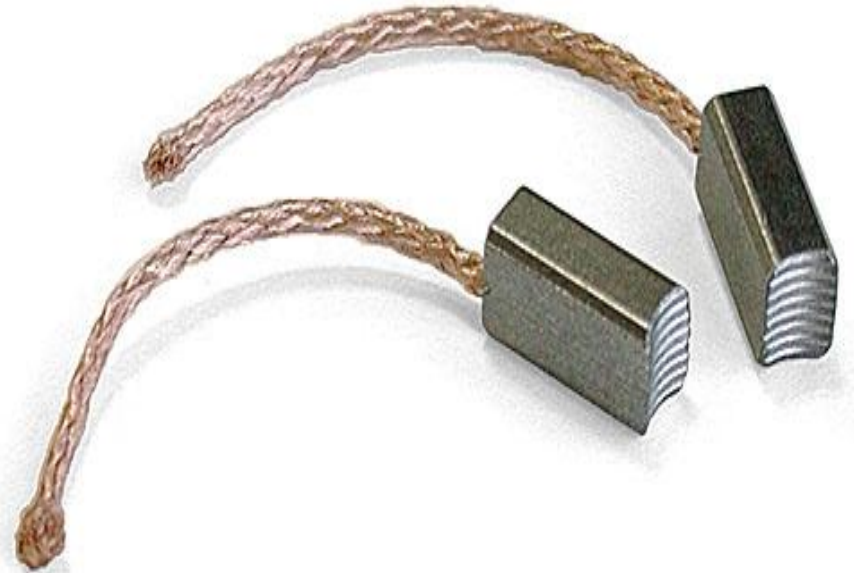
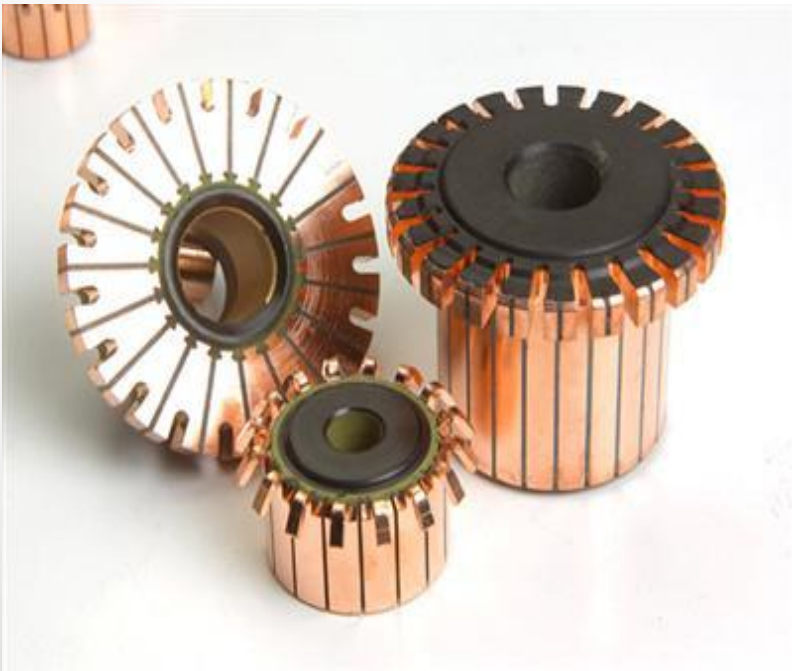
Индуктор - служит для создания неподвижного магнитного поля машины и состоит из станины, главных и добавочных полюсов. Станина служит для крепления основных и добавочных полюсов и является элементом магнитной цепи машины. На главных полюсах расположены обмотки возбуждения, предназначенные для создания магнитного поля машины, на добавочных полюсах - специальная обмотка, служащая для улучшения условий коммутации



Якорь - состоит из магнитной системы, собранной из отдельных листов, рабочей обмотки, уложенной в пазы, и коллектора служащего для подвода к рабочей обмотке постоянного тока.



Коллектор представляет собой цилиндр, насаженный на вал двигателя и набранный из изолированных друг от друга медных пластин. На коллекторе имеются выступы-петушки, к которым припаяны концы секций обмотки якоря. Съём тока с коллектора осуществляется с помощью щеток, обеспечивающих скользящий контакт с коллектором. Щетки закреплены в **щеткодержателях**, которые удерживают их в определенном положении и обеспечивают необходимое нажатие щетки на поверхность коллектора.



Принципиальные схемы электродвигателя постоянного тока

В зависимости от того как подключен якорь и обмотки возбуждения (ОВ) , электродвигатели бывают с **независимым возбуждением** от отдельного источника тока и с самовозбуждением, которое может быть **параллельным, последовательным и смешанным.**

На производстве применяются двигатели с **независимым возбуждением** ОВ, которая подключается к отдельному от якоря источнику питания.

Между обмотками возбуждения и якоря нет электрической связи.

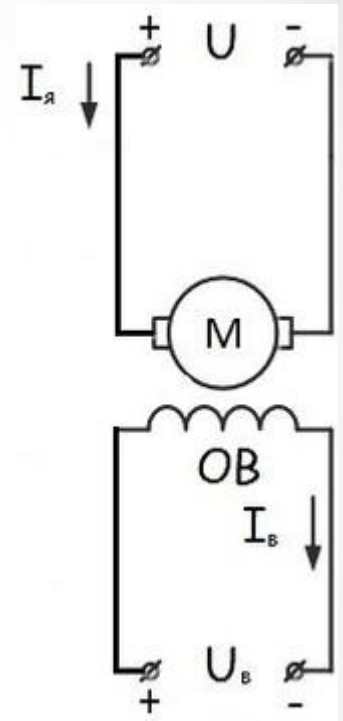
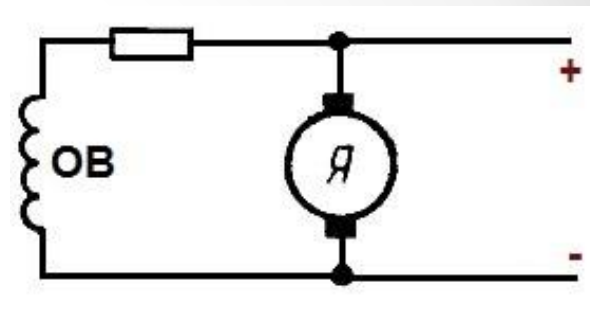
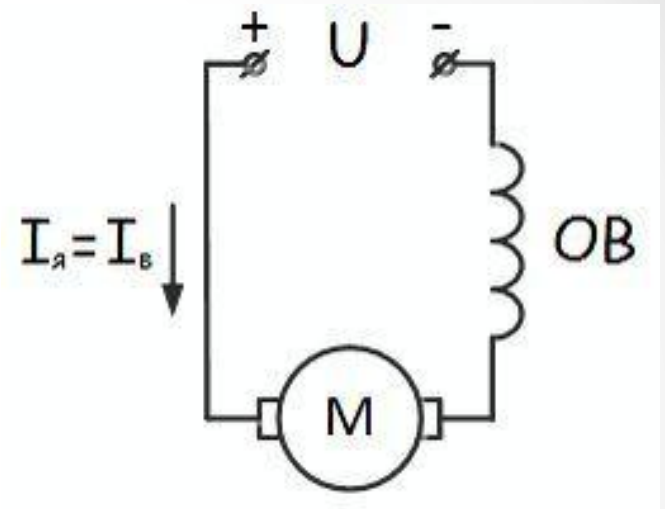


Схема подключения с **параллельным возбуждением** по своей сущности аналогична схеме с независимым возбуждением ОВ. С той лишь разницей, что отпадает необходимость в использовании отдельного источника питания.



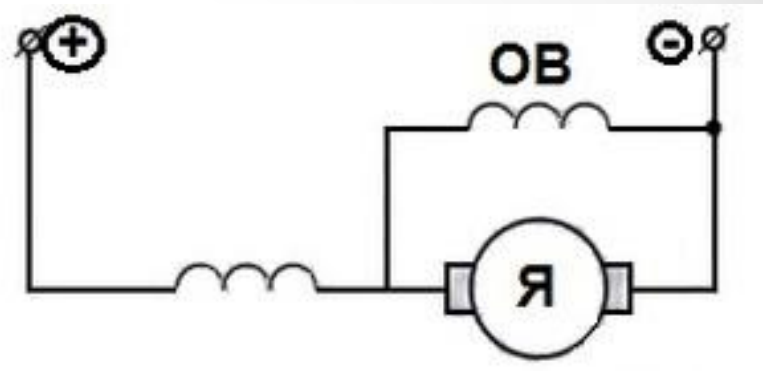
Двигатели при включении по обоим этим схема обладают одинаковыми жесткими характеристиками, поэтому применяются в станках, вентиляторах и т. п.

Двигатели с **последовательным возбуждением** применяются, когда необходим большой пусковой ток, мягкая характеристика. Они применяются в трамваях, троллейбусах и электровозах. По этой схеме обмотки возбуждения и якоря подключаются между собой последовательно.



При подаче напряжения токи в обеих обмотках будут одинаковы. Главный недостаток заключается в том, что при уменьшении нагрузки на вал меньше 25% от номинала, происходит резкое увеличение частоты вращения, достигающее опасных для ДПТ значений. Поэтому для безотказной работы необходима постоянная нагрузка на вал.

Иногда применяются ДПТ со **смешанным возбуждением**, при котором одна обмотка ОВ соединяется последовательно якорной цепи, а другая параллельно.



На практике применяются редко.

Пуск двигателей постоянного тока

- В начальный момент пуска двигателя якорь неподвижен и противо-э. д. с. И напряжение в якоре равна нулю, поэтому $I_p = U / R_{я}$.
- Сопротивление цепи якоря невелико, поэтому пусковой ток превышает в 10 - 20 раз и более номинальный. Это может вызвать значительные электродинамические усилия в обмотке якоря и чрезмерный ее перегрев, поэтому пуск двигателя производят с помощью пусковых реостатов - активных сопротивлений, включаемых в цепь якоря.
- Двигатели мощностью до 1 кВт допускают прямой пуск.
- Величина сопротивления пускового реостата выбирается по допустимому пусковому току двигателя. Реостат выполняют ступенчатым для улучшения плавности пуска электродвигателя.
- В начале пуска вводится все сопротивление реостата. По мере увеличения скорости якоря возникает противо-э. д. с, которая ограничивает пусковые токи. Постепенно выводя ступень за ступенью сопротивление реостата из цепи якоря, увеличивают подводимое к якору напряжение.

Регулирование частоты

вращения электродвигателя постоянного тока

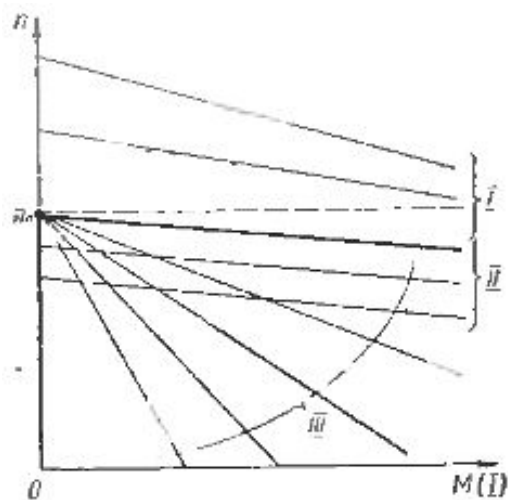
Частота вращения двигателя постоянного тока:

где U — напряжение питающей сети; $I_{я}$ — ток якоря; $R_{я}$ — сопротивление цепи якоря; k_c — коэффициент, характеризующий магнитную систему; Φ — магнитный поток электродвигателя.

Из формулы видно, что частоту вращения электродвигателя постоянного тока можно регулировать тремя путями: изменением потока возбуждения электродвигателя, изменением подводимого к электродвигателю напряжения и изменением сопротивления в цепи якоря.

$$n = \frac{U - I_{я}R_{я}}{k_c\Phi},$$

Наиболее широкое применение получили первые два способа регулирования, третий способ применяют редко: он неэкономичен, скорость двигателя при этом значительно зависит от колебаний нагрузки. Механические характеристики, которые при этом получаются, показаны на рисунке.



Жирная прямая — это естественная зависимость скорости от момента на валу, или, что то же, от тока якоря. Прямая естественной механической характеристики несколько отклоняется от горизонтальной штриховой линии. Это отклонение называют нестабильностью, нежесткостью, иногда статизмом. Группа непараллельных прямых I соответствует регулированию скорости возбуждением, параллельные прямые II получаются в результате изменения напряжения якоря, наконец, веер III — это результат введения в цепь якоря активного сопротивления.

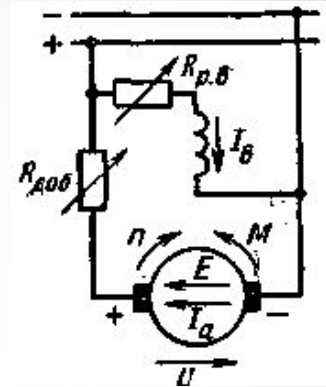
Торможение электродвигателей постоянного тока

Различают три вида электрического торможения двигателей постоянного тока:

- 1) **рекуперативное торможение** — генераторное торможение с отдачей электрической энергии в сеть;
- 2) **динамическое или реостатное торможение** — генераторное торможение с гашением выработанной энергии в реостате, подключенном к обмотке якоря;
- 3) **электромагнитное торможение** — торможение противовключением.

Рекуперативное торможение.

Рекуперативное торможение характерно тем, что в момент торможения скорость вращения вала двигателя больше чем скорость вращающегося магнитного поля, т.е. , это имеет место в том случае, если двигатель работает в режиме спуска груза. В этом случае ЭДС машины становится больше напряжения сети и ток согласно изменяет свое направление, т. е. двигатель переходит в генераторный режим. В этом режиме машина создает тормозной момент, а выработанная электрическая энергия отдается в сеть и может быть полезно использована.

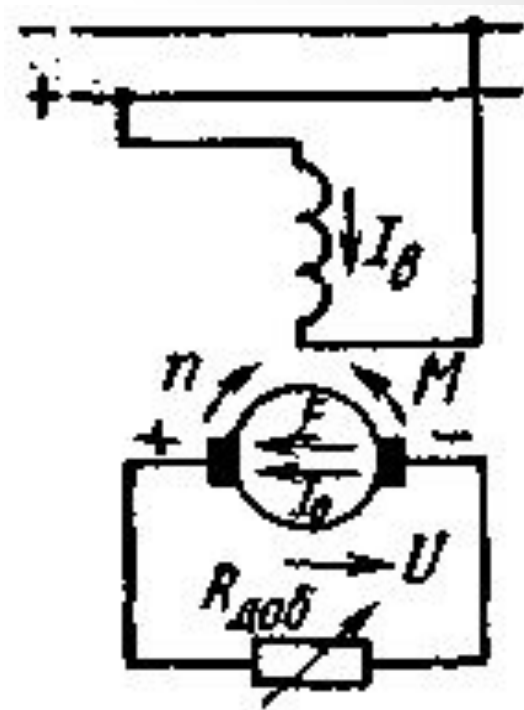


Двигатели с последовательным возбуждением не могут переходить в резкое рекуперативное торможение. При необходимости рекуперативного торможения схему двигателей в тормозном режиме изменяют, превращая двигатели в генераторы с независимым возбуждением.

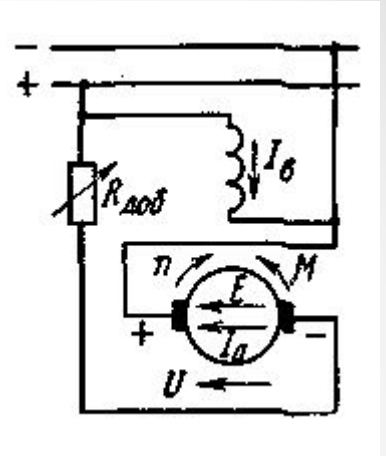
Двигатели со смешанным возбуждением могут автоматически переходить в генераторный режим, что обусловило их применение в троллейбусах, трамваях и других устройствах с частыми остановками, где двигатель должен обладать мягкой механической характеристикой.

Динамическое торможение.

При этом виде торможения двигателя с параллельным возбуждением обмотку якоря отключают от сети и присоединяют к ней реостат $R_{\Delta 06}$. При этом машина работает как генератор, создает тормозной момент, но выработанная электрическая энергия бесполезно гасится в реостате. Регулирование тока $I_a = E / (\Sigma R_a + R_{\Delta 06})$, т. е. тормозного момента M , осуществляют путем изменения сопротивления $R_{\Delta 06}$, подключенного к обмотке якоря или ЭДС E .



Электромагнитное торможение. В этом режиме изменяют направление электромагнитного момента M , сохраняя неизменным направление тока из сети, т. е. момент делают тормозным. Последнее осуществляют так же, как и при изменении направления вращения двигателя — путем переключения проводов, подводящих ток к обмотке якоря или к обмотке возбуждения. Чтобы ограничить значение тока в этом режиме, в цепь обмотки якоря вводят добавочное сопротивление $R_{\Delta об}$. Регулирование тока $I_a = (U + E) / (\sum R_a + R_{\Delta об})$, т. е. тормозного момента M , осуществляют путем изменения сопротивления $R_{\Delta об}$ или ЭДС E (тока возбуждения I_b).



С энергетической точки зрения электромагнитное торможение является наиболее невыгодным, поскольку машина потребляет как механическую, так и электрическую энергию, которые гасятся в обмотке якоря и во включенном в ее цепь реостате.

Достоинства и недостатки ЭД постоянного тока

К основным достоинствам двигателей постоянного тока относятся:

- простота конструкции;
- легкость в управлении;
- возможность регулирования частоты вращения вала;
- легкий запуск (особенно у двигателей с последовательным возбуждением);
- возможность использования в качестве генераторов;
- компактные размеры.

Недостатки:

- имеют «слабое звено» — графитовые щетки, которые быстро изнашиваются, что ограничивает срок службы;
- высокая себестоимость;
- при подключении к сети требуют наличия выпрямителей тока.

