

# Электродвигатели постоянного тока

Выполнил студент:

Демкин А.С

Группа 3301

Проверил:

Тырышкин Игорь Сергеевич

Доцент

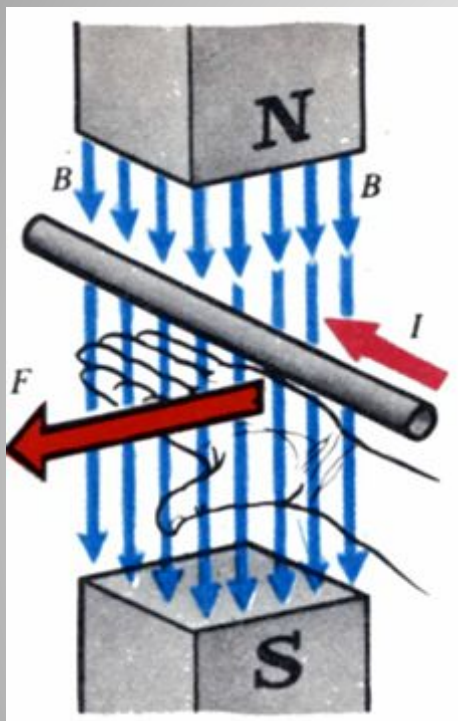
- План:
- 1. Электродвигатель постоянного тока.
- 2. Как устроены ДПТ.
- 3. Основные части ДПТ.
- 4. Принципиальные схемы ДПТ.
- 5. Пуск ДПТ.
- 6. Регулирование частоты вращения ДПТ.
- 7. Торможение ДПТ.
- 8. Достоинства и недостатки.

# Электродвигатель 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.

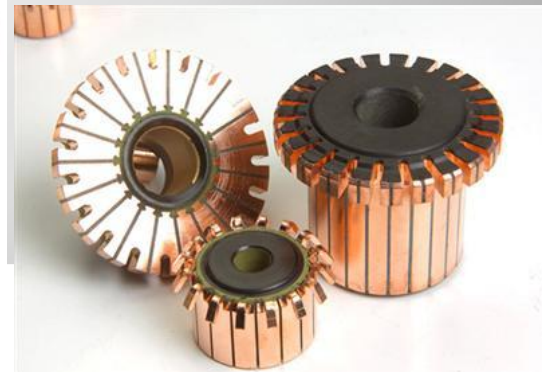
# Основные части электрические двигатели постоянного тока

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 избранный из изолированных друг от друга медных пластин. На коллекторе имеются выступы-петушки, к которым припаяны концы секций обмотки якоря. Съем 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 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.

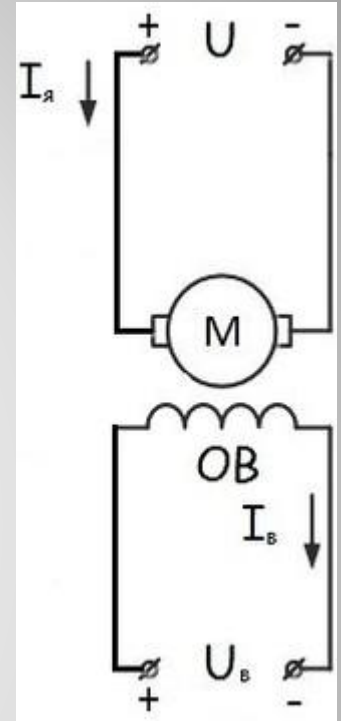
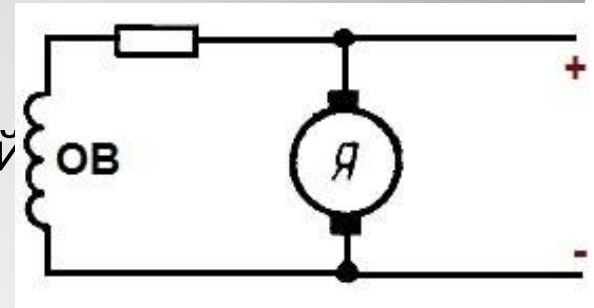


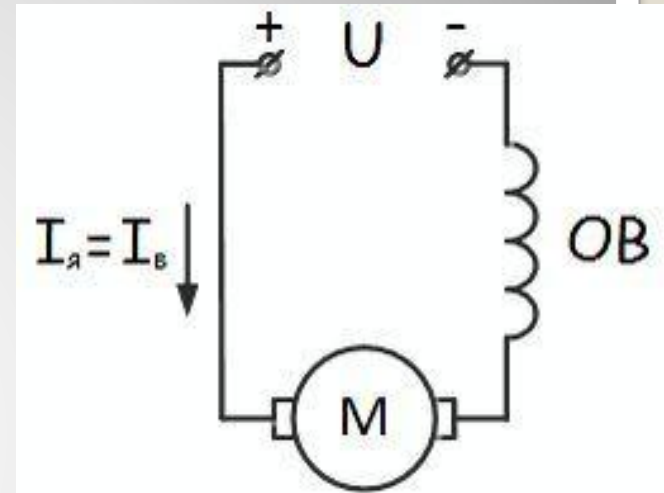
Схема подключения с **параллельным возбуждением** по своей сущности аналогична схеме с независимым возбуждением ОВ. С той лишь разницей, что отпадает необходимость в использовании отдельного источника питания.



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

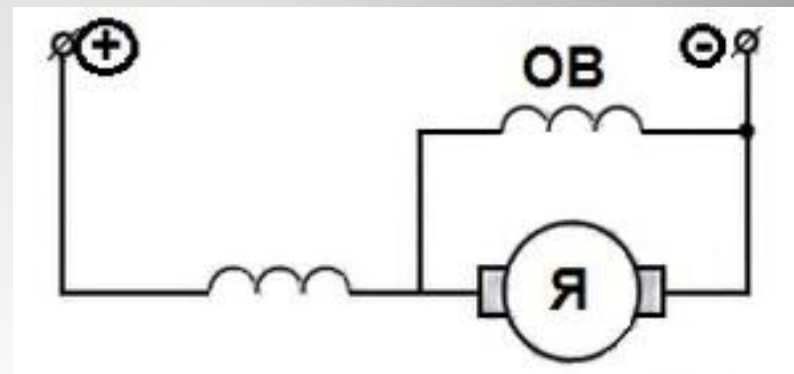


Моторы с **последовательным возбуждением** применяются, когда необходим большой пусковой ток, мягкая характеристика. Они применяются в трамваях, троллейбусах и электровозах. По этой схеме обмотки возбуждения и якоря подключаются между собой последовательно.



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 равно 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

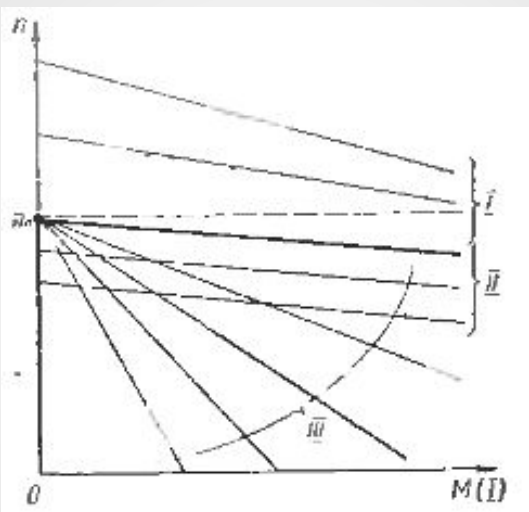
Частота вращения двигателя постоянного тока:

где  $U$  — напряжение питающей сети;  $I_{\text{я}}$  — ток якоря;  $R_{\text{я}}$  — сопротивление цепи якоря;  $k_{\text{с}}$  — коэффициент, характеризующий магнитную систему;  $\Phi$  — 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.

$$n = \frac{U - I_{\text{я}}R_{\text{я}}}{k_{\text{с}}\Phi},$$

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:

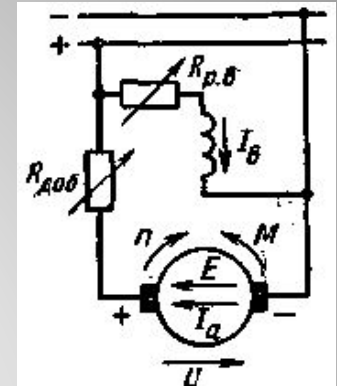
- 1) **рекуперативное торможение** — генераторное торможение с отдачей электрической энергии в сеть;
- 2) **динамическое или реостатное торможение** — генераторное торможение с гашением выработанной энергии в реостате, подключенном к обмотке якоря;
- 3) **электромагнитное торможение** — торможение противовключением.

## Рекуперативное торможение.

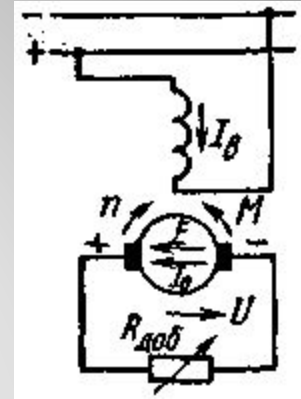
Двигатель с параллельным возбуждением переходит в режим рекуперативного торможения при увеличении его частоты вращения и выше  $n_0 = U/c_e \Phi$ . В этом случае ЭДС машины становится больше напряжения сети и ток согласно изменяет свое направление, т. е. двигатель переходит в генераторный режим. В этом 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.

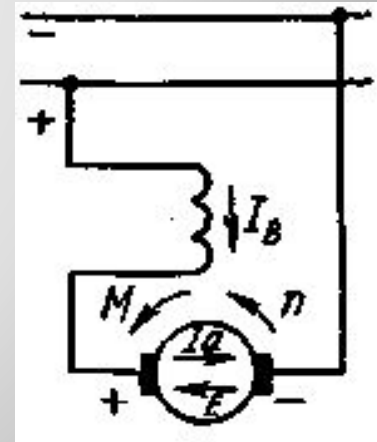
Двигатели со смешанным возбуждением могут автоматически переходить в генераторный режим, что обусловило их применение в троллейбусах, трамваях и других устройствах с частыми остановками, где двигатель должен обладать мягкой механической характеристикой.



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

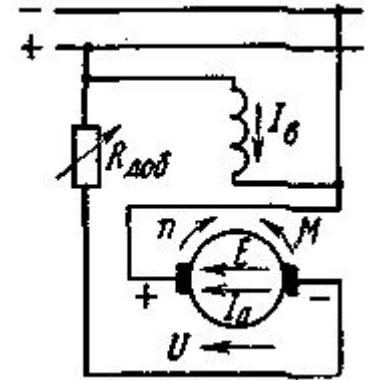


Двигатель с последовательным возбуждением может работать в режиме динамического торможения при независимом возбуждении и при самовозбуждении. При независимом возбуждении обмотку возбуждения отключают от обмотки якоря и подключают к питающей сети последовательно с резистором, сопротивление которого выбирают так, чтобы ток возбуждения не превышал номинального значения. При самовозбуждении при переводе машины в генераторный режим необходимо переключить провода, подводящие ток к обмотке возбуждения.





**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  $R_{доб}$ . Регулирование тока  $I_a = (U + E)/(\Sigma R_a + R_{доб})$ , т. е. тормозного момента  $M$ , осуществляют путем изменения сопротивления  $R_{доб}$  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. Однако при этом способе можно получать большие тормозные моменты при низких частотах вращения и даже при  $n = 0$ .

# 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.

**Спасибо за внимание**