



ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

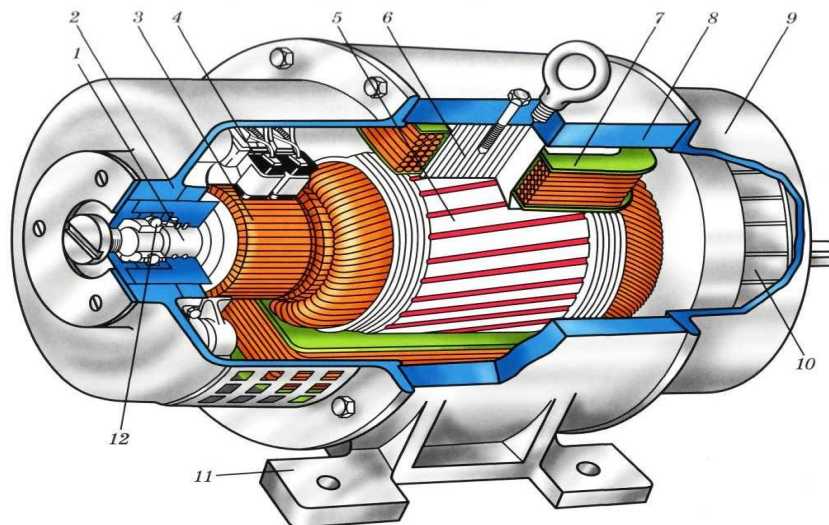
Тема «Электрические машины постоянного тока»

ЦЕЛЬ УРОКА –

**1. ИЗУЧИТЬ ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ГЕНЕРАТОРА И
ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Тема «Машины постоянного тока»

1. Принцип действия генератора постоянного тока
2. Принцип работы двигателя постоянного тока
3. Конструкция машин постоянного тока



электрические машины

- предназначены для преобразования механической энергии в электрическую и обратно.
- принцип действия основан на использовании явлений электромагнитной индукции и возникновении электромагнитных сил при взаимодействии проводников с током и магнитного поля

Классификация электрических машин по назначению

- **Генераторы**- устройства, вырабатывающие электрическую энергию.
- **Двигатели**-устройства, создающие механический вращающий момент на валу, который используется для привода различных механизмов и транспортных средств.

Любая электрическая машина может быть использована и в качестве генератора, и в качестве двигателя (свойство обратимости машин).

- **Специальные электрические машины** – электрические машины, которые используют в качестве преобразователей. К ним относятся: электромашинные усилители, тахогенераторы, электромашинные преобразователи частоты, напряжения и рода тока, регуляторы фазы и напряжения и другие.

Классификация электрических машин по роду тока

- Машины *постоянного тока*
- Машины *переменного тока*

Классификация электрических машин по частоте

- **Синхронные** - частота вращения ротора равна частоте вращения внешнего магнитного поля статора $n_2 = n_1$.
- **Асинхронные** - частота вращения ротора меньше частоты вращения магнитного поля $n_2 < n_1$.

Классификация электрических машин по способу подключения обмотки возбуждения

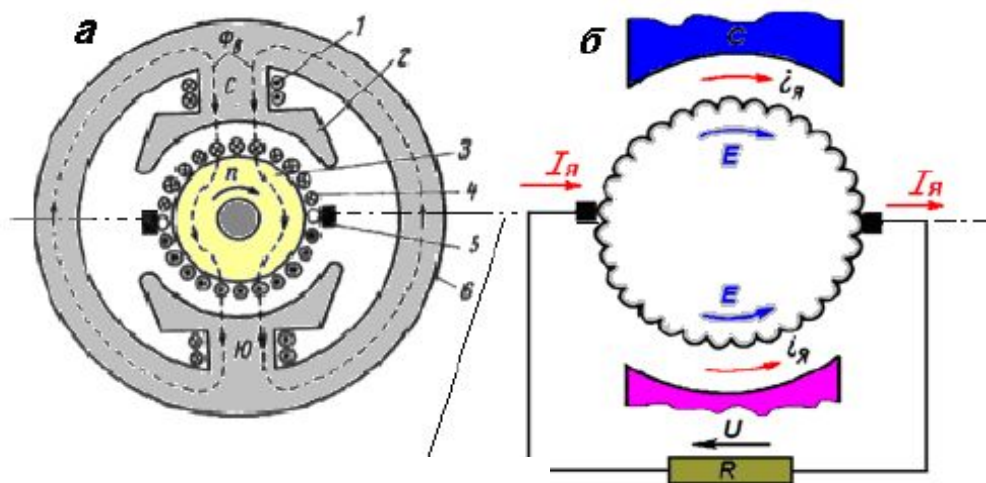
Машины делятся на двигатели и генераторы

- с **независимым** (обмотка получает питание от постороннего источника питания),
- с **параллельным** (обмотка возбуждения подключена параллельно обмотке якоря),
- **последовательным** (обмотка возбуждения подключена последовательно с обмоткой якоря),
- **смешанным** (имеются две обмотки – одна подключена параллельно обмотке якоря, вторая – последовательно с нею) *включением обмотки возбуждения*

Машины постоянного тока

Принцип действия основан на явлении электромагнитной индукции

Машина постоянного тока имеет обмотку возбуждения, расположенную на явно выраженных полюсах статора. Индуктор создает в машине магнитное поле, в обмотке якоря индуцируется ЭДС и возникает ток.



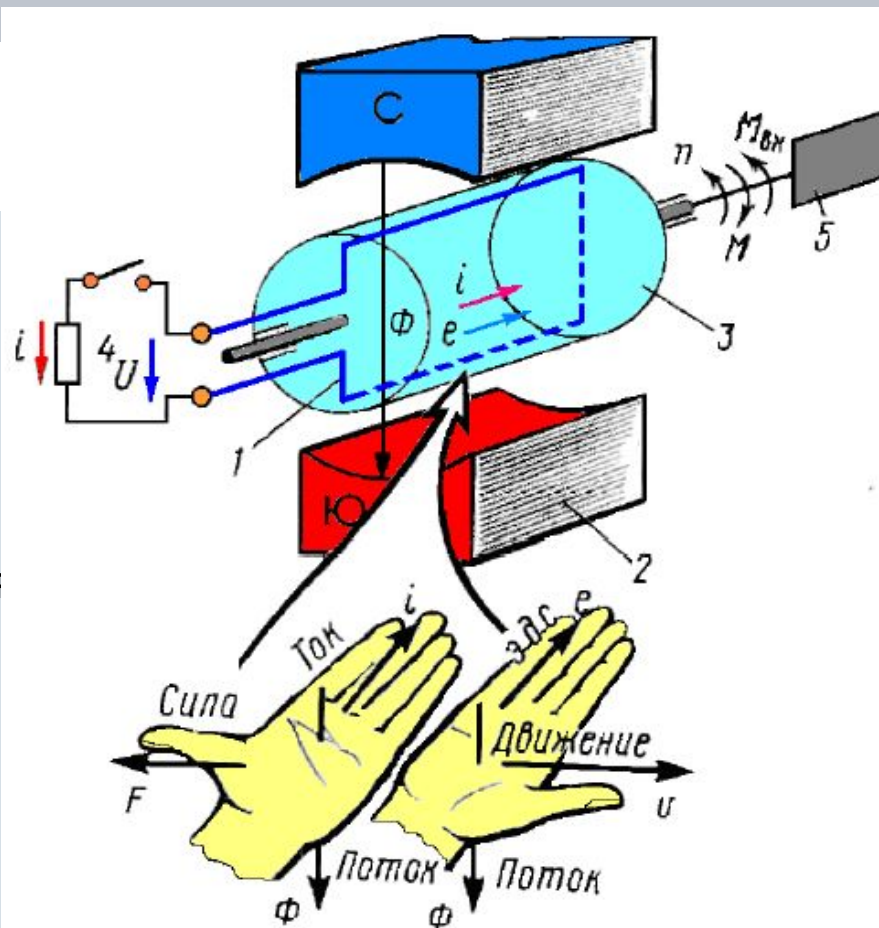
Геометрическая нейтраль

При взаимодействии тока в обмотке якоря с магнитным полем создаются электромагнитные силы, посредством которых реализуется процесс преобразования энергии.

Электромагнитная схема двухполюсной машины постоянного тока и эквивалентная схема ее обмотки якоря: 1-обмотки возбуждения, 2-главные полюса, 3-якорь, 4 обмотка якоря, 5-щетki, 6-остов

Принцип действия электрического генератора

- При вращении витка с частотой вращения n его стороны пересекают магнитные силовые линии потока Φ и в каждом проводнике витка индуцируется ЭДС e .
- Если подключить к обмотке якоря приемник энергии, то по замкнутой цепи пойдет ток i .
- При прохождении тока по проводникам на каждый проводник действует Фэм. Эти силы создадут магнитный момент M (тормозной), противоположный вращению проводника



Для предотвращения остановки якоря требуется приложить внешний вращающий момент.

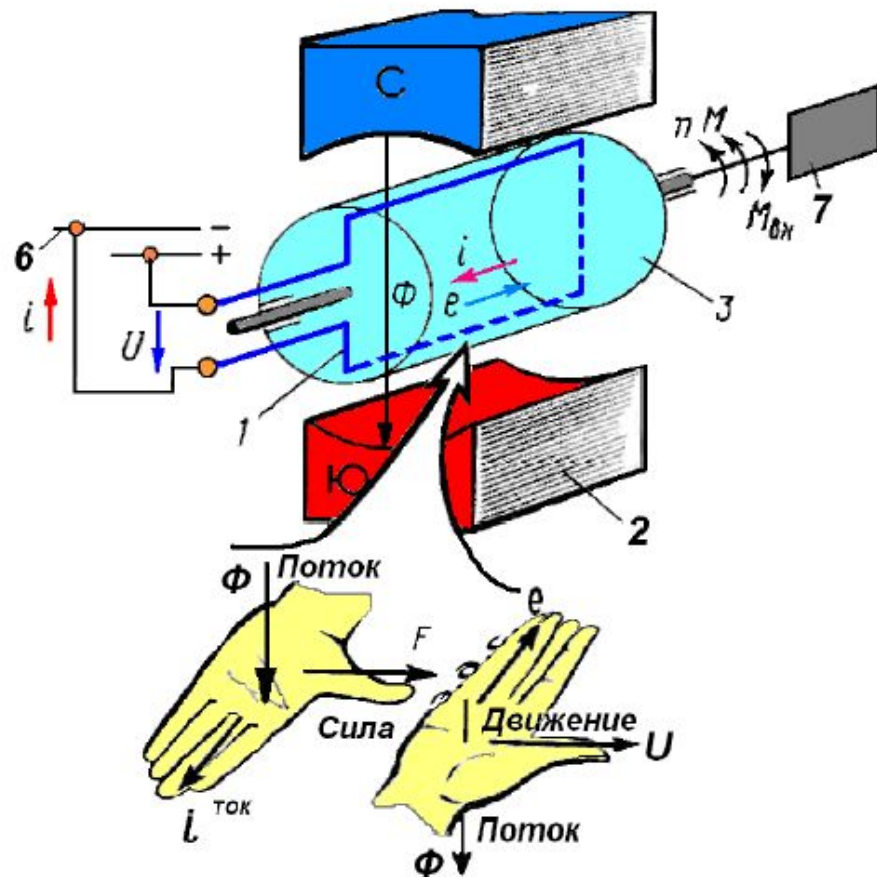
Характерным для генератора постоянного тока является

1. Совпадение по направлению тока и ЭДС в проводниках обмотки якоря. Это указывает на то, что машина отдает электрическую энергию
2. Возникновение электромагнитного тормозного момента, направленного против вращения якоря. Это указывает на необходимость получения машиной механической энергии извне

Машины постоянного тока. Просмотр видеofilьма.

Принцип действия электрического двигателя

- Если подключить виток к источнику электрической энергии, то по каждому проводнику начнет проходить электрический ток i . Этот ток взаимодействует с магнитным полем полюсов, создает электромагнитные силы. В результате совместного действия этих сил создается вращающий момент, приводящий якорь во вращение с некоторой частотой n .
- Если вал якоря соединить с каким-либо устройством, то электродвигатель будет отдавать механическую энергию



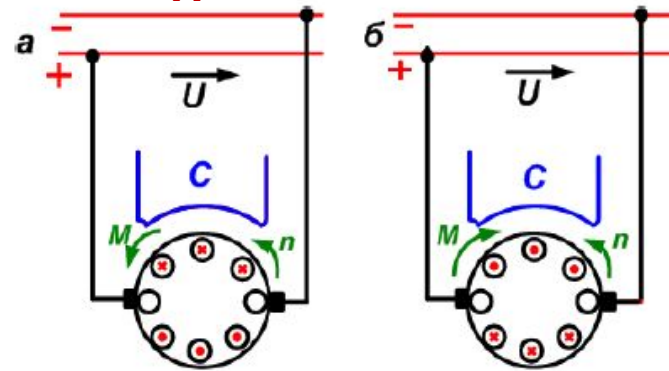
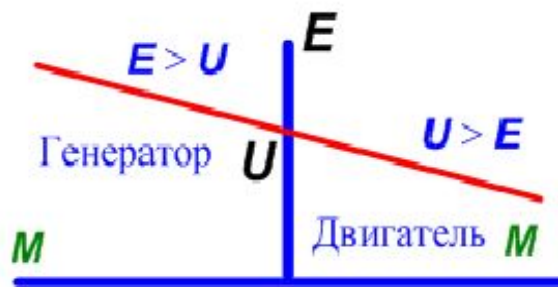
При вращении якоря двигателя под нагрузкой, энергия расходуется, ЭДС препятствует прохождению тока по проводнику

Характерным для двигателя постоянного тока является

1. Совпадение по направлению электромагнитного момента M и частоты вращения, что характеризует отдачу машиной механической энергии
2. Возникновение в проводниках обмотки якоря ЭДС, направленной против тока и внешнего напряжения U . Это указывает на необходимость получения машиной электрической энергии извне

Принцип обратимости электрических машин

Любая электрическая машина может работать и в качестве генератора, и в качестве двигателя

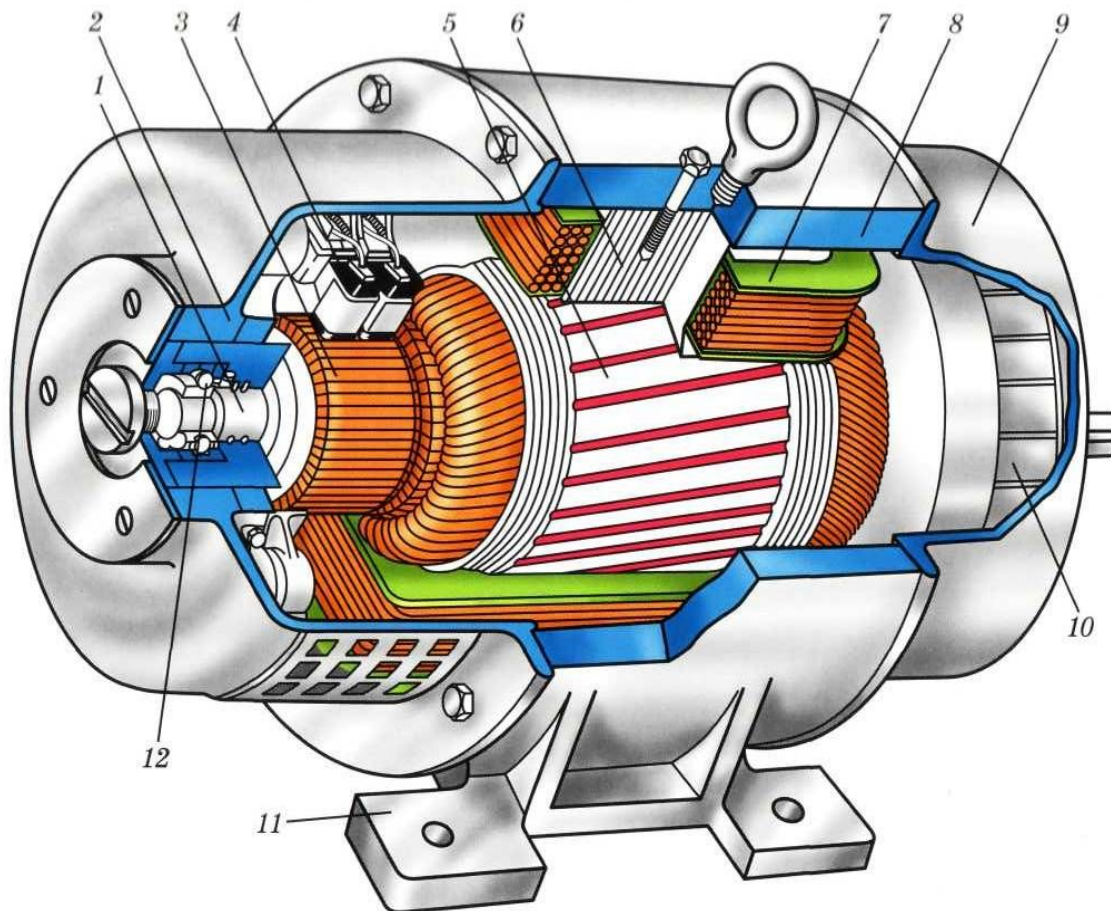


Если ЭДС станет больше внешнего напряжения, то ток в обмотке якоря изменит свое направление и будет совпадать с ЭДС. При этом изменится и направление электромагнитного момента M , который будет направлен против вращения n . Совпадение по направлению ЭДС и тока означает, что машина стала отдавать электрическую энергию в сеть, а появление тормозного момента говорит о том, что она должна потреблять механическую энергию извне.

Вывод:

если $E < U$ – машина работает как двигатель, если $E > U$ – как генератор

Устройство электрических машин



- 1 - вал;
- 2 - передний подшипниковый щит;
- 3 - коллектор;
- 4 - щеткодержатели со щетками;
- 5 - якорь;
- 6 - главный полюс;
- 7 - обмотка возбуждения;
- 8 - станина;
- 9 - задний подшипниковый щит;
- 10 - вентилятор;
- 11 - лапы;
- 12 - подшипник

Основные части электрических машин

- **Остов (станина)** - статор машины, выполняющий две функции: является магнитопроводом, по которому проходит магнитный поток возбуждения машины; является основной конструктивной деталью, в которой размещаются все основные детали (корпус).

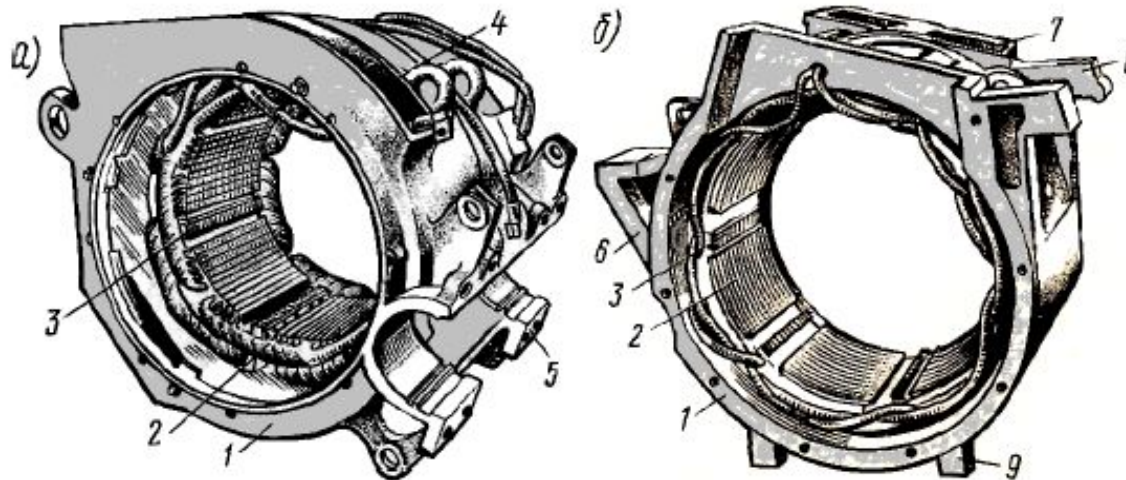


Рис. 10. Осто́вы тяговых двигателей с установленными полюсами при опорно-осевом подвешивании (а) и при рамном подвешивании (б):
1 — остов; 2 — главный полюс; 3 — добавочный полюс; 4 — люк для осмотра коллектора; 5 — приливы для моторно-осевых подшипников; 6, 8 — кронштейны для подвешивания двигателя на раме тележки; 7 — прилив для крепления коробки с выводными зажимами; 9 — выступы для установки двигателя

Основные части электрических машин

- **Полюсы** - главные и добавочные (дополнительные). Полюс машины состоит из сердечника, полюсного наконечника и катушки. Крепятся полюсы изнутри к станине. Число добавочных полюсов равно числу главных.
- **Главные полюсы**, на которых расположены обмотки возбуждения, служат для создания в машине магнитного потока возбуждения.
- **Добавочные полюсы** обеспечивают уменьшение искрения, возникающего при работе машины.

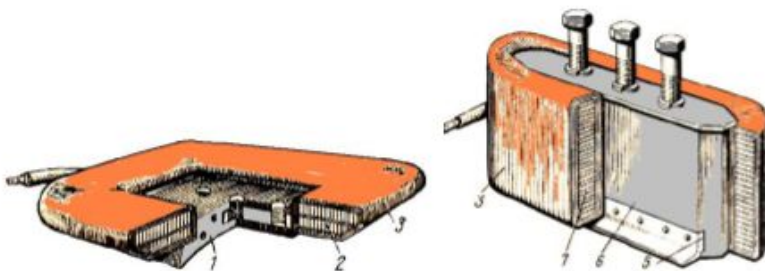


Рис. 11. Главный (а) и добавочный (б) полюсы:
1 — сердечник главного полюса; 2 — катушка главного полюса; 3 — корпусная изоляция катушки; 4 — установочные болты; 5 — опорный угольник; 6 — сердечник добавочного полюса; 7 — катушка добавочного полюса

Основные части электрических машин

- Остов, полюсы и якорь составляют магнитную систему машины, через которую замыкается магнитный поток, созданный обмоткой возбуждения

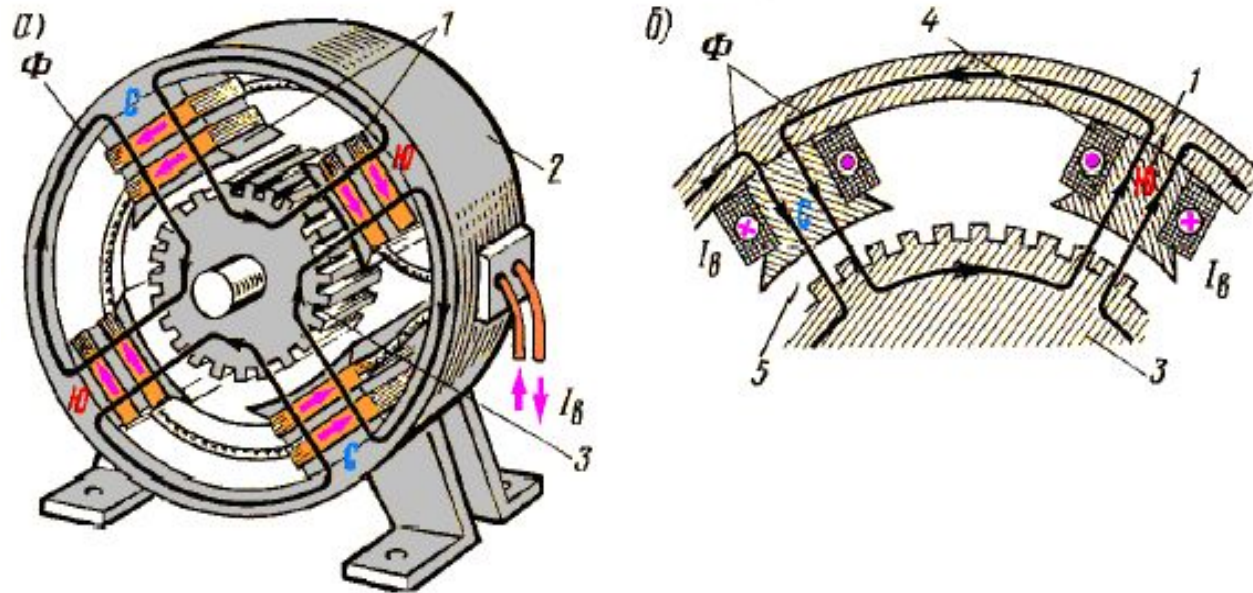


Рис. 13. Магнитная система машины постоянного тока:

1 – полюсы; 2 – остов; 3 – якорь; 4 – обмотка возбуждения; 5 – воздушный зазор

Основные части электрических машин

Катушки полюсов изготавливают из изолированного медного провода круглого или прямоугольного сечения или шинной меди.

Катушки всех главных полюсов соединяются последовательно и составляют обмотку возбуждения машины.

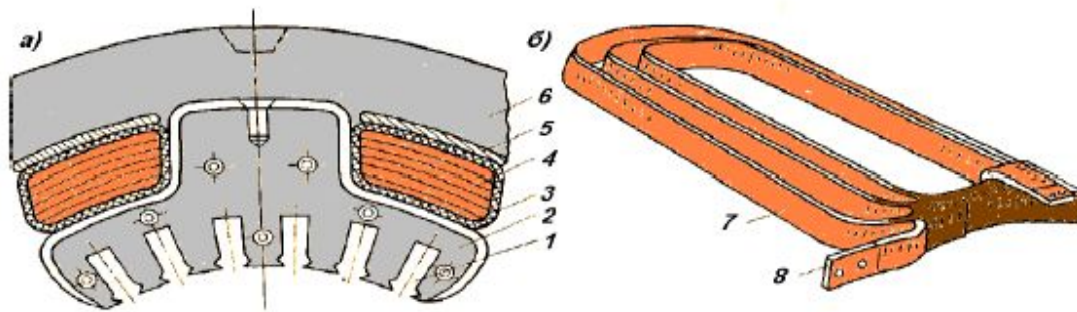


Рис. 14. Главный полюс в машинах с компенсационной обмоткой (а) и общий вид этой обмотки (б):

1 — паз для катушки компенсационной обмотки; 2 — полюсный наконечник; 3 — корпусная изоляция катушки возбуждения; 4 — проводники катушки возбуждения; 5 — немагнитная прокладка; 6 — остов; 7, 8 — катушка и вывод компенсационной обмотки

В современных тяговых электрических машинах постоянного и пульсирующего тока часто применяют компенсационную обмотку, улучшающую условия работы коллектора и щеток

Основные части электрических машин

- **Якорь** – состоит из сердечника, обмотки, коллектора и вала.

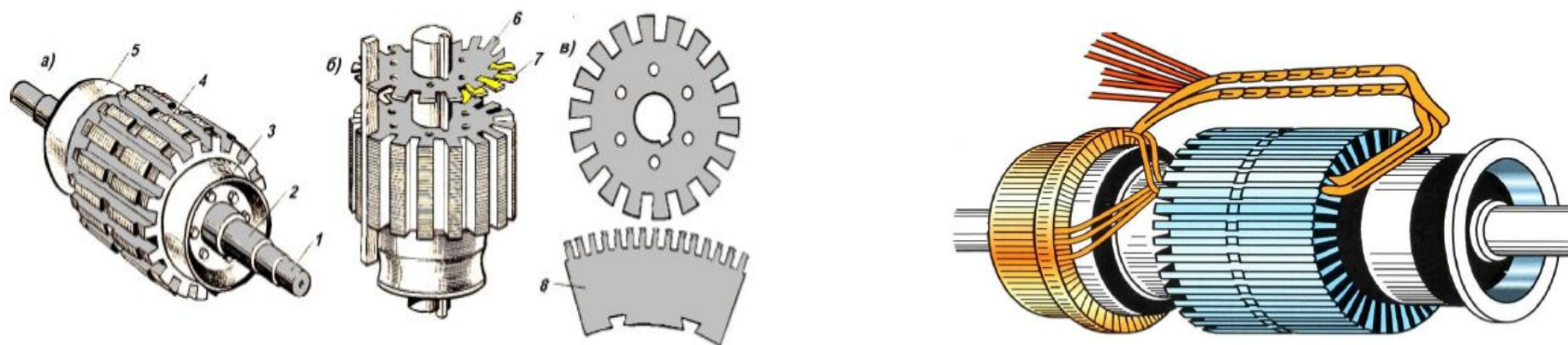


Рис. 16. Сердечник якоря машины постоянного тока без обмотки (а); сборка якоря (б); стальные листы якоря (в):

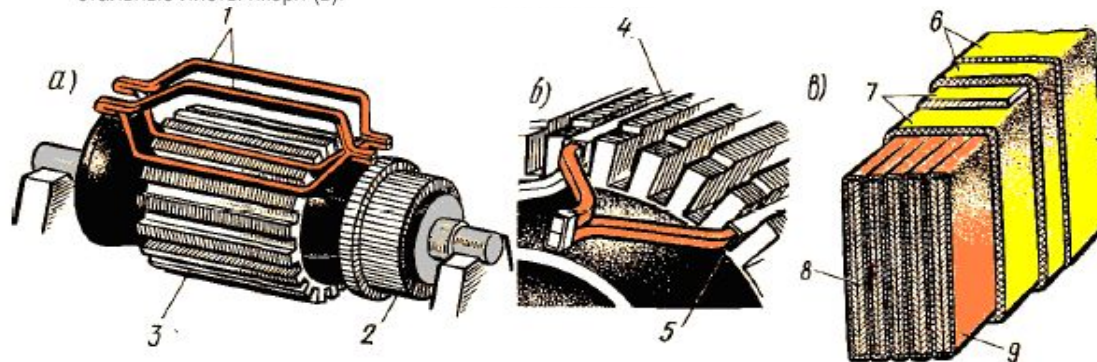


Рис. 17. Устройство обмотки якоря:
а, б — укладка якорных катушек; в — изоляция;
1 — якорные катушки; 2 — коллектор; 3 — сердечник якоря; 4, 5 — верхняя и нижняя стороны катушки; 6, 7, 9 — покровная, корпусная и витковая изоляция; 8 — медные проводники

Основные части электрических машин

- **Коллектор** – цилиндр, состоящий из ряда изолированных друг от друга и от корпуса миканитом медных пластин, по которым скользят угольные или металлоугольные щетки.

Он является механическим выпрямителем переменного тока, который периодически меняет направление тока в каждой секции, сохраняя постоянство направления тока во внешней цепи.

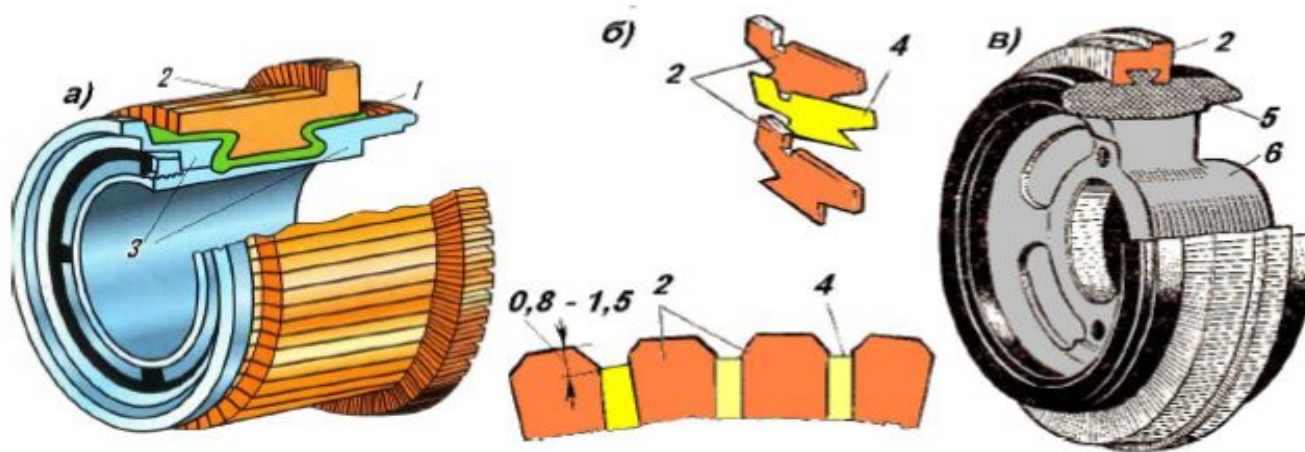


Рис. 20. Общий вид коллектора машины постоянного тока (а); расположение коллекторных пластин и изоляционных прокладок (б) и коллектор в пластмассовом корпусе (в)

Основные части электрических машин

- **Щетки** – устройства, предназначенные для соединения коллектора с внешней цепью.

Обмотка якоря соединяется с помощью коллектора и щеток с неподвижными клеммами, через которые машина включается

в сеть. Сердечник якоря и коллектор крепятся на одном валу, который опирается на подшипники.

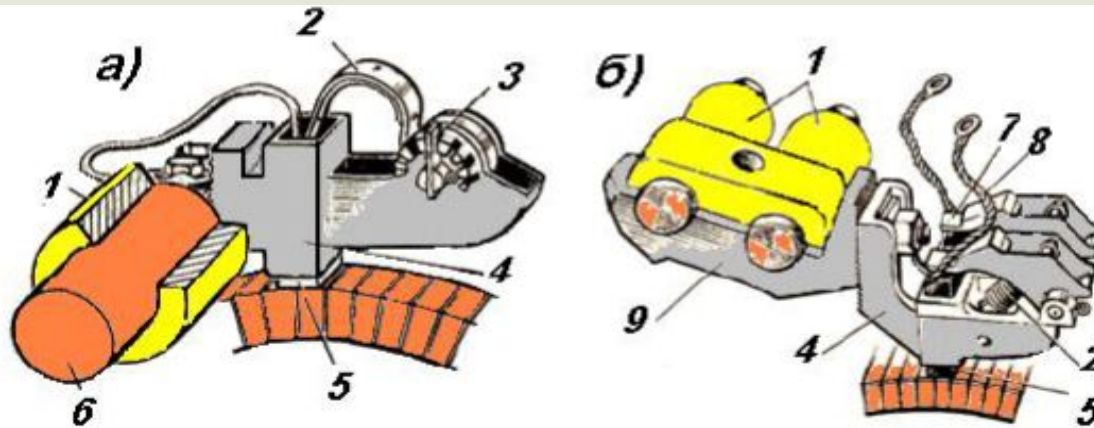
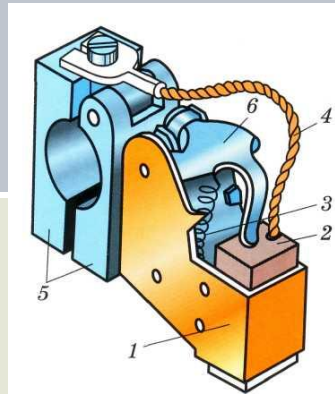


Рис. 22. Щеткодержатели вспомогательных машин (а) и тяговых двигателей (б):
1 — изолятор; 2 — пружина; 3 — натяжное устройство; 4 — обойма; 5 — щетка; 6 — щеточный палец; 7 — нажимной палец; 8 — щеточный канатик; 9 — кронштейн

Основные части электрических машин

Якорная обмотка – обмотка, в которой индуцируется эдс при пересечении ее проводниками магнитного поля.

Секция – часть обмотки, присоединенная к двум коллекторным пластинам, которые следуют друг за другом по схеме обмотки.

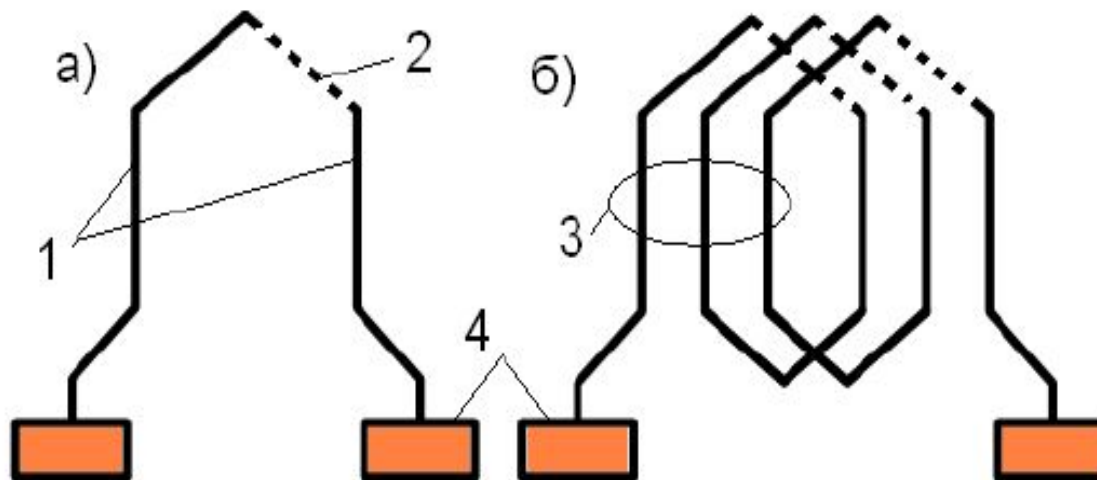


Рис. 24. Схемы одновитковой (а) и многовитковой (б) секций:
1 — активные проводники; 2 — лобовая часть; 3 — активная сторона 4 — коллекторные пластины

Основные части электрических машин

Простая волновая обмотка. При простой волновой обмотке секции, лежащие под разными полюсами, соединяют последовательно (рис. 25).

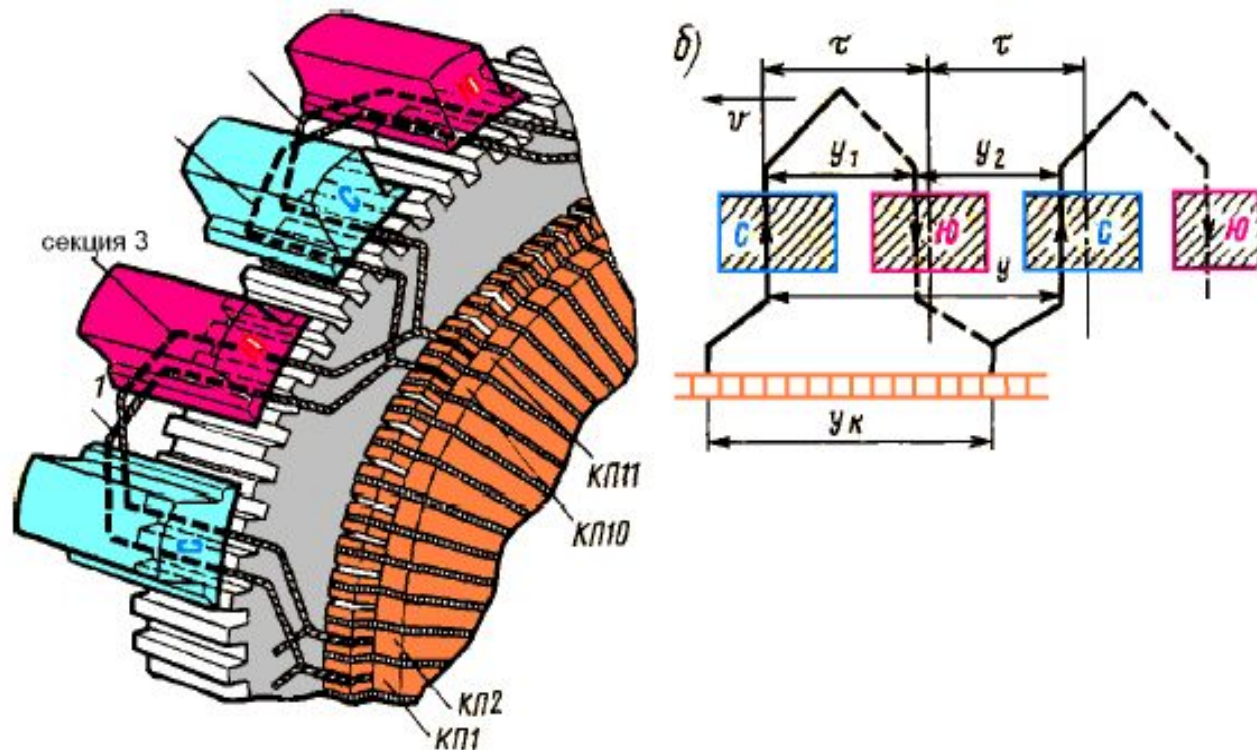


Рис. 25. Общий вид волновой обмотки (а) и схема соединения ее секций (б)

Основные части электрических машин

Простая петлевая обмотка. При простой петлевой обмотке каждую секцию присоединяют к соседним коллекторным пластинам (рис. 27).

Например, начало первой секции присоединяют к коллекторной пластине $KП1$, а конец ее соединяют с соседней коллекторной пластиной $KП2$ и началом рядом лежащей второй секции. Далее конец второй секции присоединяют к следующей коллекторной пластине и к началу соседней секции и т.д. до тех пор, пока обмотка не замкнется, то есть пока не придут к началу первой секции. В этой обмотке каждая последующая секция расположена рядом с предыдущей, а якорная катушка имеет форму петли.

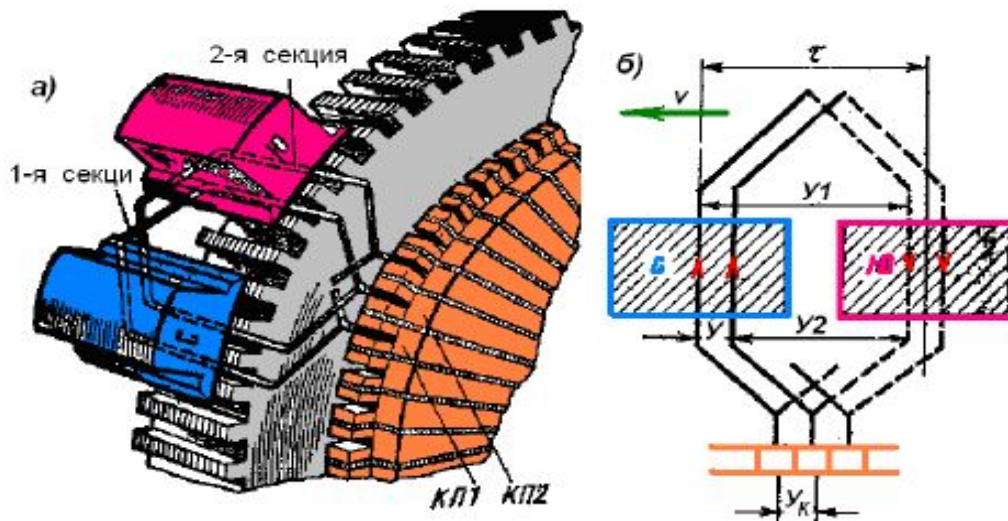


Рис. 27. Общий вид петлевой обмотки (а) и схема соединения ее секций (б)

Способы пуска в ход электродвигателей постоянного тока

- Прямой пуск
- Реостатный пуск
- Пуск путем изменения питающего напряжения

Способы пуска в ход электродвигателей постоянного тока

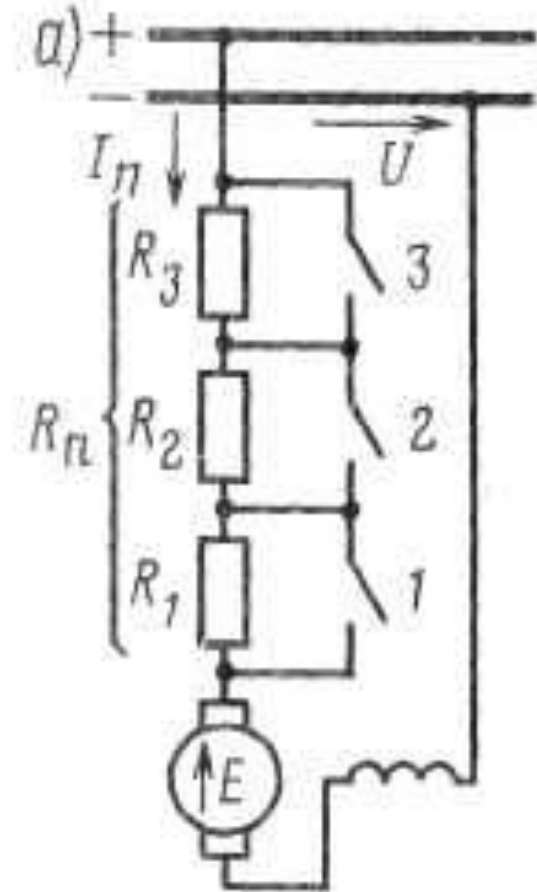
Прямой пуск

- При прямом пуске обмотка якоря подключается непосредственно к сети
- Применяют только для двигателей очень малой мощности (до нескольких сотен Вт), в которых $R_{\text{я}}$ относительно велико, и лишь в отдельных случаях — для двигателей мощностью в несколько киловатт

Способы пуска в ход электродвигателей постоянного тока

Реостатный пуск

- пуск, при котором для ограничения тока в цепь якоря включают пусковой реостат $R_{п}$;
- реостат обычно имеет несколько ступеней (секций) R_1 , R_2 , R_3 , которые в процессе пуска замыкают накоротко специальными выключателями (контакторами) 1, 2 и 3.
- уменьшая постепенно сопротивление пускового реостата, осуществляют разгон двигателя
- Реостатный пуск применяют на электровозах и электропоездах постоянного тока
- Регулирование напряжения на тяговых электродвигателях электровозов переменного тока



Способы пуска в ход электродвигателей постоянного тока

Пуск путем изменения питающего напряжения

- *безреостатный* пуск двигателя путем плавного повышения напряжения, подаваемого на обмотку якоря.
- Для этого необходимо иметь отдельный источник постоянного тока с регулируемым напряжением (генератор или управляемый выпрямитель)
- безреостатный пуск применяют на э. п. с. переменного тока и тепловозах

Способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя

- включением реостата с сопротивлением R_{π} в цепь обмотки якоря
- изменением питающего напряжения U
- изменением магнитного потока Φ

Способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя

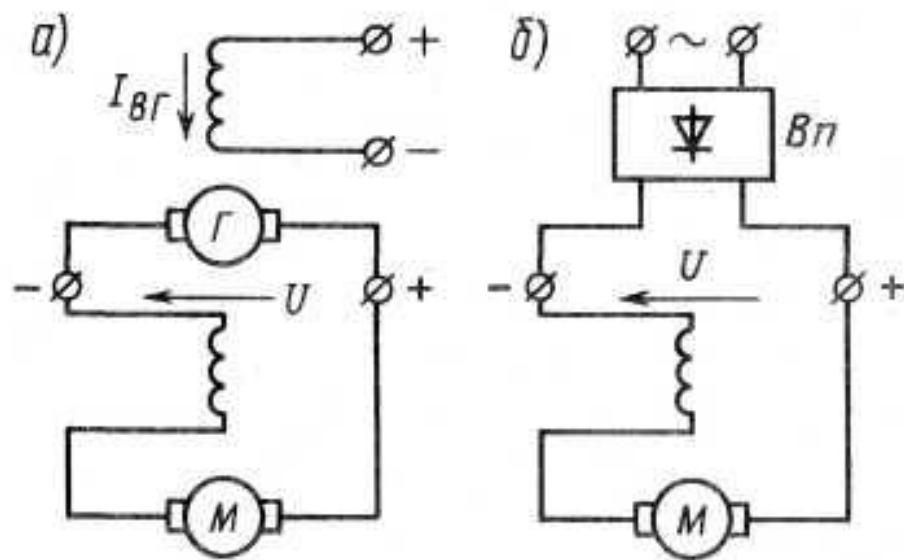
включение реостата с сопротивлением R_{π} в цепь обмотки якоря

- способ прост и позволяет осуществлять плавное регулирование частоты вращения в широком диапазоне
- Однако при этом возникают большие потери энергии в регулирующем реостате, вследствие чего его практически применяют только при кратковременных режимах работы двигателя (например, при пуске)
- Другим недостатком рассматриваемого способа регулирования является то, что частоту вращения можно только уменьшать до нуля.

Способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя

изменение питающего напряжения U

- Для осуществления указанного способа двигатель должен быть подключен к источнику постоянного тока с регулируемым напряжением: к генератору Γ с независимым возбуждением (или выпрямителю $Bп$)



Этот способ широко применяют на современных локомотивах и электропоездах, так как он обеспечивает плавное и экономичное (без потерь энергии в реостатах) регулирование частоты вращения в очень широких пределах.

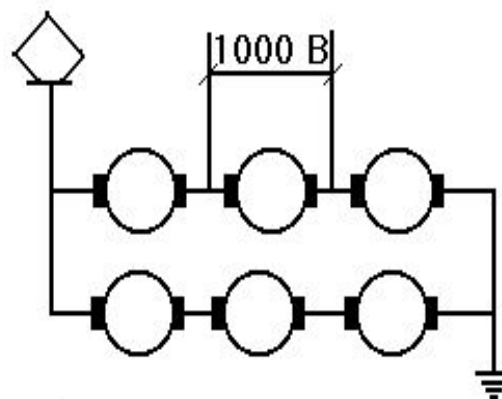
Для электродвигателей с параллельным возбуждением указанный способ регулирования применять нельзя.

Способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя

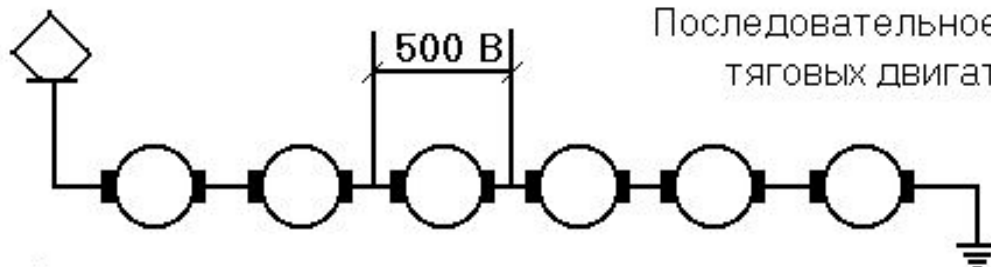
изменение питающего напряжения U

- На э. п. с. постоянного тока напряжение, подводимое от контактной сети к электровозу или моторному вагону, не может регулироваться, поэтому здесь для изменения подаваемого к двигателю напряжения применяют последовательно-параллельное переключение тяговых двигателей.

- При этом изменяется напряжение, приходящееся на каждый двигатель локомотива, и частота вращения.



Последовательно-параллельное соединение тяговых двигателей (СП)

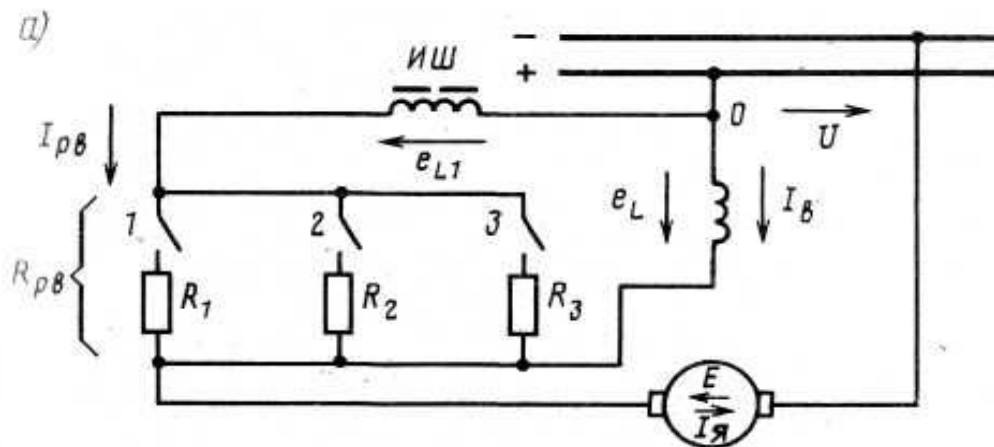


Последовательное соединение тяговых двигателей (С)

Способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя

изменение магнитного потока Φ

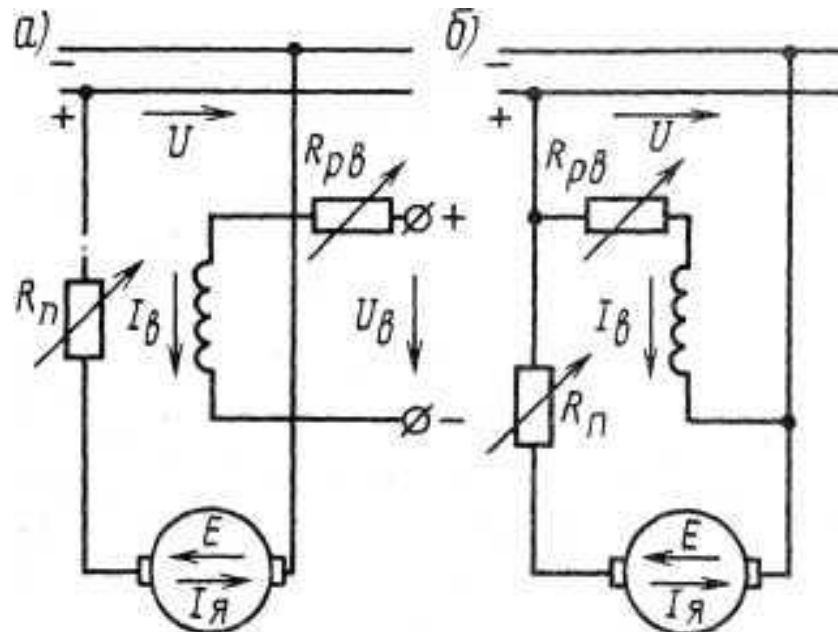
- Для того чтобы изменить магнитный поток Φ , регулируют ток возбуждения двигателя с помощью регулировочного реостата R_{PB}
- В двигателях с последовательным возбуждением регулировочный реостат включают параллельно обмотке возбуждения.
- Способ прост и экономичен, поэтому его широко применяют на локомотивах и электропоездах. Однако в этом случае регулирование частоты вращения можно осуществлять только в сравнительно небольшом диапазоне.



Способы регулирования частоты вращения якоря электродвигателя

изменение магнитного потока Φ

- В двигателях с независимым и параллельным возбуждением регулировочный реостат, посредством которого изменяют ток возбуждения и магнитный поток Φ , включают последовательно с обмоткой возбуждения.



Реверсирование

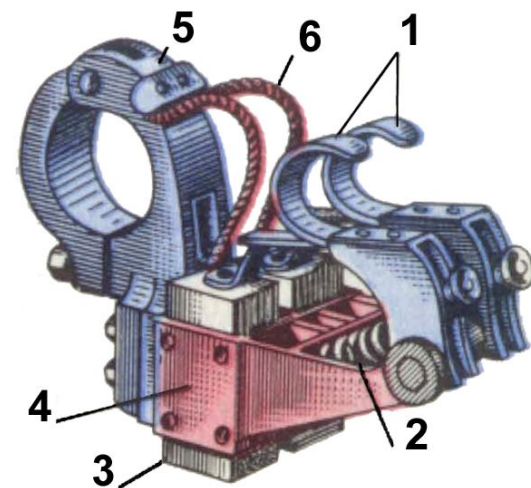
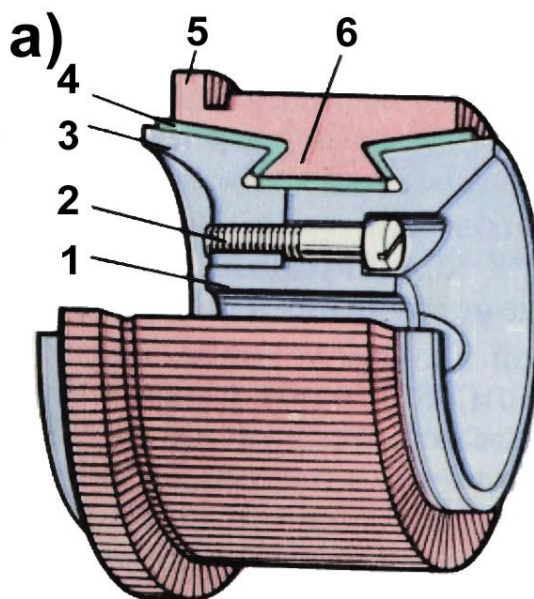
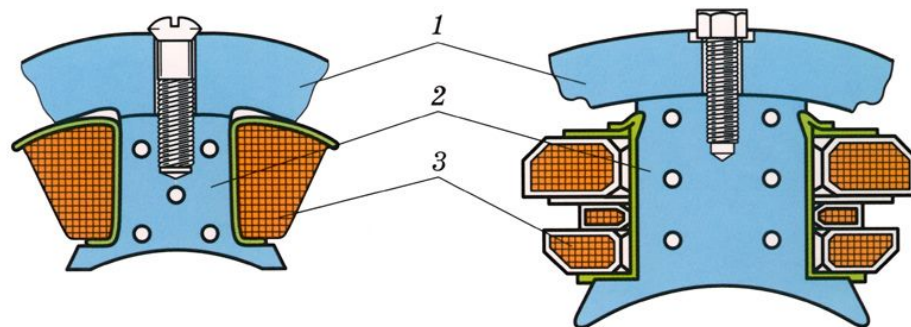
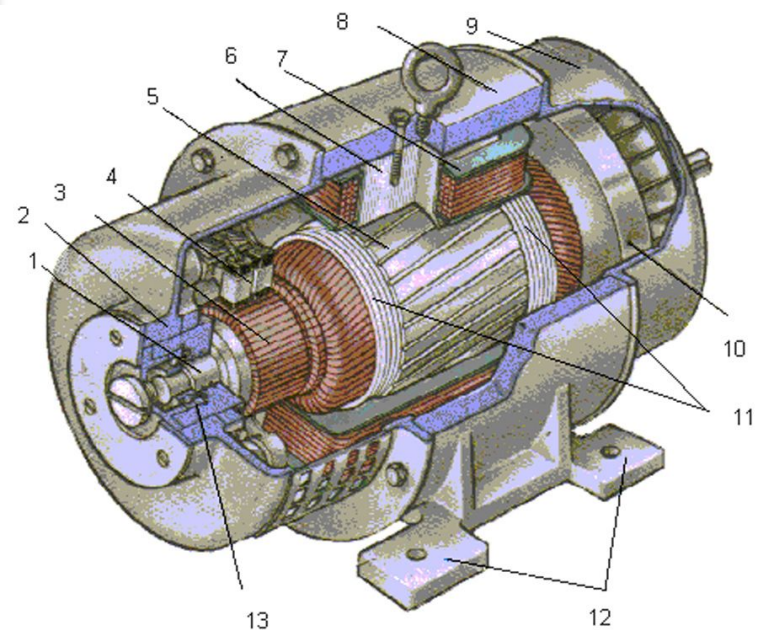
- Изменение направления вращения якоря электродвигателя
- Для реверсирования двигателя постоянного тока следует изменить направление магнитного потока возбуждения или тока якоря
- Реверсирование двигателей осуществляют с помощью переключателей в цепи якоря или в цепи возбуждения

Применение

- Генераторы постоянного тока применяют тогда, когда требуется самостоятельный источник тока (для питания электромагнитов, электродвигателей, сварочных установок)
- Электродвигатели постоянного тока применяют в тех случаях, когда требуется плавная регулировка скорости (в троллейбусах, электровозах, подъемных кранах, устройствах автоматики)

Закрепление пройденного материала

ЗВУК



Спасибо за внимание