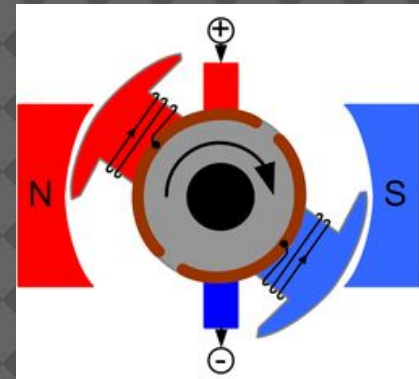


# МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Машина постоянного тока — электрическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую постоянного тока (генератор) или для обратного преобразования (двигатель). Машина постоянного тока обратима.



# Электродвигатели

## Постоянного тока

## Переменного тока

С возбуждением от постоянных магнитов

С электромагнитным возбуждением

Синхронные

Асинхронные

С последовательным возбуждением

С короткозамкнутым ротором

С независимым возбуждением

Шаговые двигатели

С фазным ротором

Со смешанным возбуждением

Машина постоянного тока образуется из синхронной обращённой конструкции, если её якорь снабдить коллектором, который в генераторном режиме играет роль выпрямителя, а в двигательном — преобразователя частоты. Благодаря наличию коллектора по обмотке якоря проходит переменный ток, а во внешней цепи, связанной с якорем, — постоянный.

Машина  
постоянного  
тока может  
работать в  
двух режимах:

двигательном  
и  
генераторном

# Принцип действия машин постоянного тока.

Принцип действия двигателя

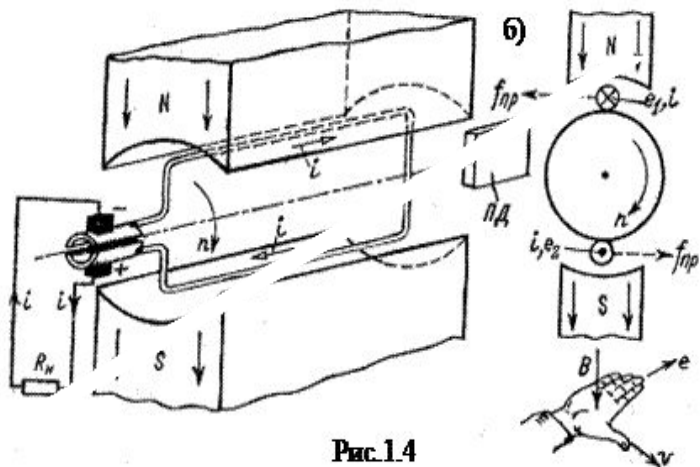
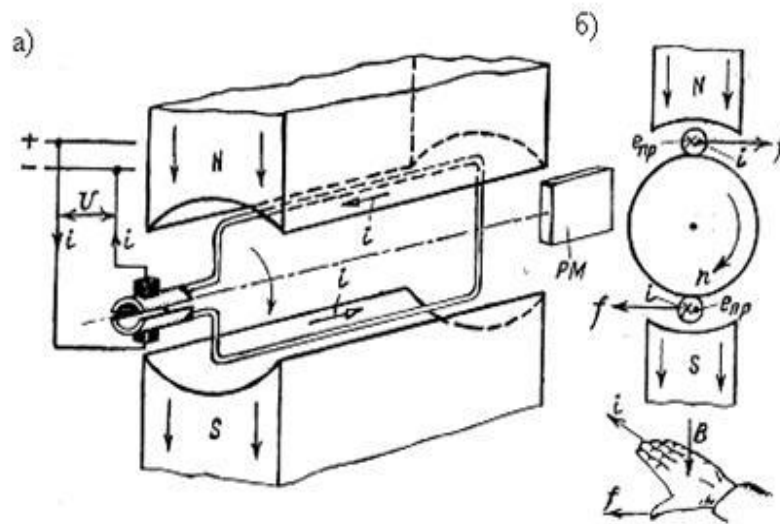


Рис.14

Принцип действия генератора



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

- Принцип действия машин постоянного тока основан на законе электромагнитной индукции и законе Ампера. Магнитное поле машины создается постоянным током (током возбуждения) в обмотке полюсов или постоянными магнитами в машинах малой мощности. Его силовые линии замыкаются через стальные станину, сердечники полюсов и сердечник якоря, дважды преодолевая на своем пути воздушный зазор между ними. Магнитная цепь четырехполюсной машины постоянного тока разветвленная, симметричная. Плоскость, проходящую через ось машины под углом  $\alpha$ , при котором она перпендикулярна к силовым линиям, называют геометрической нейтралью.

# Двигатель-генератор ПОСТОЯННОГО ТОКА



# НАЗНАЧЕНИЕ МПТ

- Электрические машины постоянного тока (двигатели и генераторы) находят широкое применение в различных областях техники. Основное достоинство двигателей постоянного тока заключается в возможности плавного регулирования частоты вращения и получения больших пусковых моментов. По этой причине двигатели постоянного тока широко используются в качестве тяговых двигателей на электрическом транспорте, а также для привода различного технологического оборудования.
- Электрические двигатели постоянного тока малой мощности применяются в системах автоматического регулирования, где они используются не только для привода исполнительных механизмов, но и как датчики частоты вращения подвижных частей регулируемой системы.
- Генераторы постоянного тока находят применение в системах электропитания специального оборудования, например в радиотехнических установках, при зарядке аккумуляторов, для питания электролитических ванн.

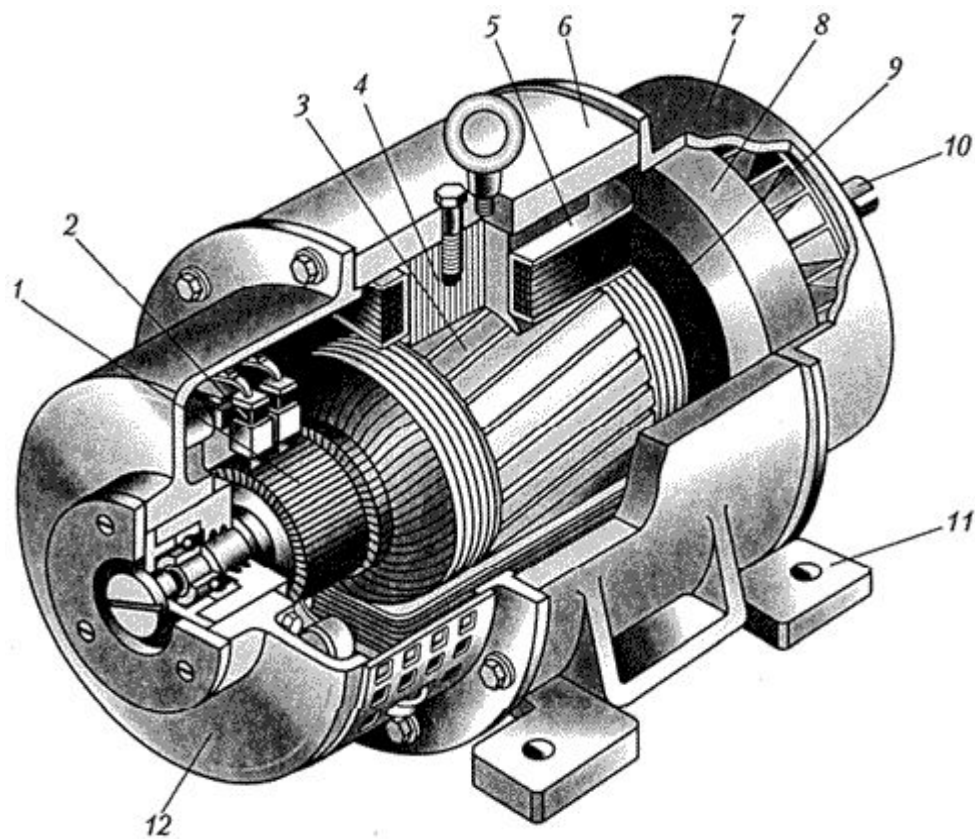
# НЕДОСТАТКИ МПТ

- Общим недостатком электрических машин постоянного тока является их конструктивная сложность, связанная главным образом со щеточно-коллекторным аппаратом. Кроме того, в коллекторно-щеточном аппарате, осуществляющем постоянную перекоммутацию цепей электрической машины, возникает искрение. Это снижает надежность машин и ограничивает область их применения. Существенным недостатком применения двигателей постоянного тока является необходимость предварительного преобразования для них электрической энергии переменного тока в электрическую энергию постоянного тока.



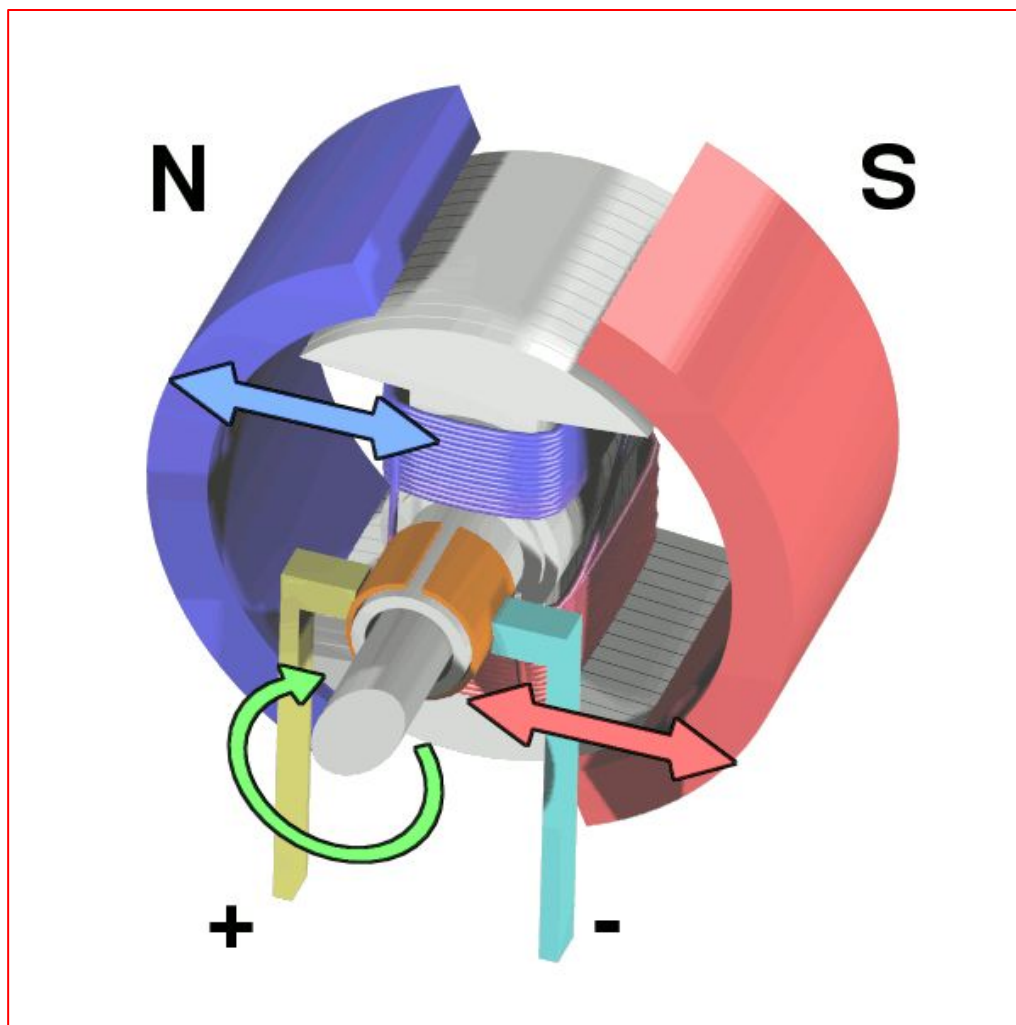
# ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

- ⦿ машина постоянного тока состоит из неподвижного статора (индуктора) с полюсами и вращающегося ротора (якоря) с коллектором. Статор является источником магнитного поля и механическим остовом машины, якорь- часть машины, в обмотке которой индуцируется э. д. с.
- ⦿ На одном валу с якорем жестко закрепляется коллектор, электрически соединенный с его обмоткой. Коллектор - характерная деталь машины постоянного тока. Его медных пластин касаются неподвижные угольно-графитовые щетки, размещенные в щеткодержателях на траверсе и электрически соединенные с внешней цепью. Во избежание искрения щетки тщательно притираются к коллектору, а их умеренный нажим должен быть отрегулирован.



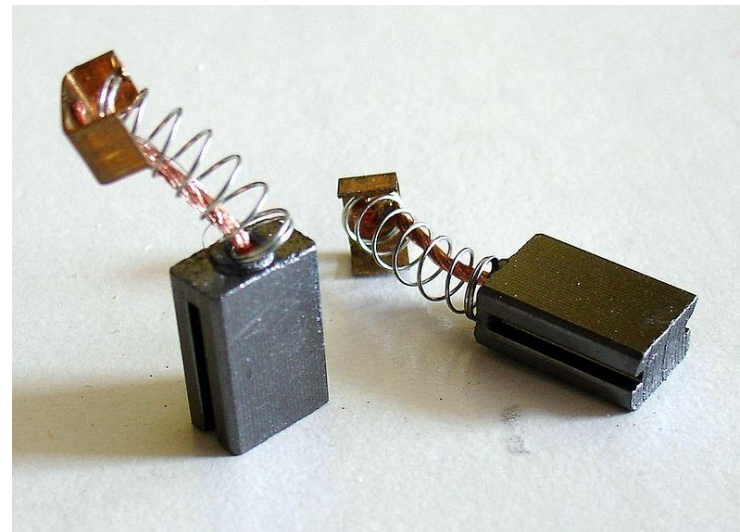
- 1 - коллектор
- 2 - щеткодержатель
- 3 - сердечник якоря
- 4 - сердечник полюса
- 5 - катушка возбуждения
- 6 - станина
- 7 - подшипниковый щит
- 8 - вентилятор
- 9 - обмотка якоря
- 10 - вал
- 11 - лапы
- 12 - подшипниковый щит

# МПТ



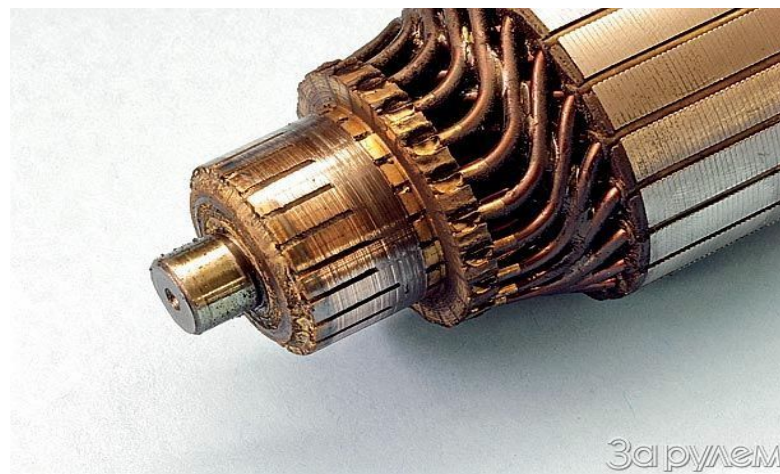


Ротор(якорь) и  
статор(индуктор)



Графитовые  
щётки и  
коллектор

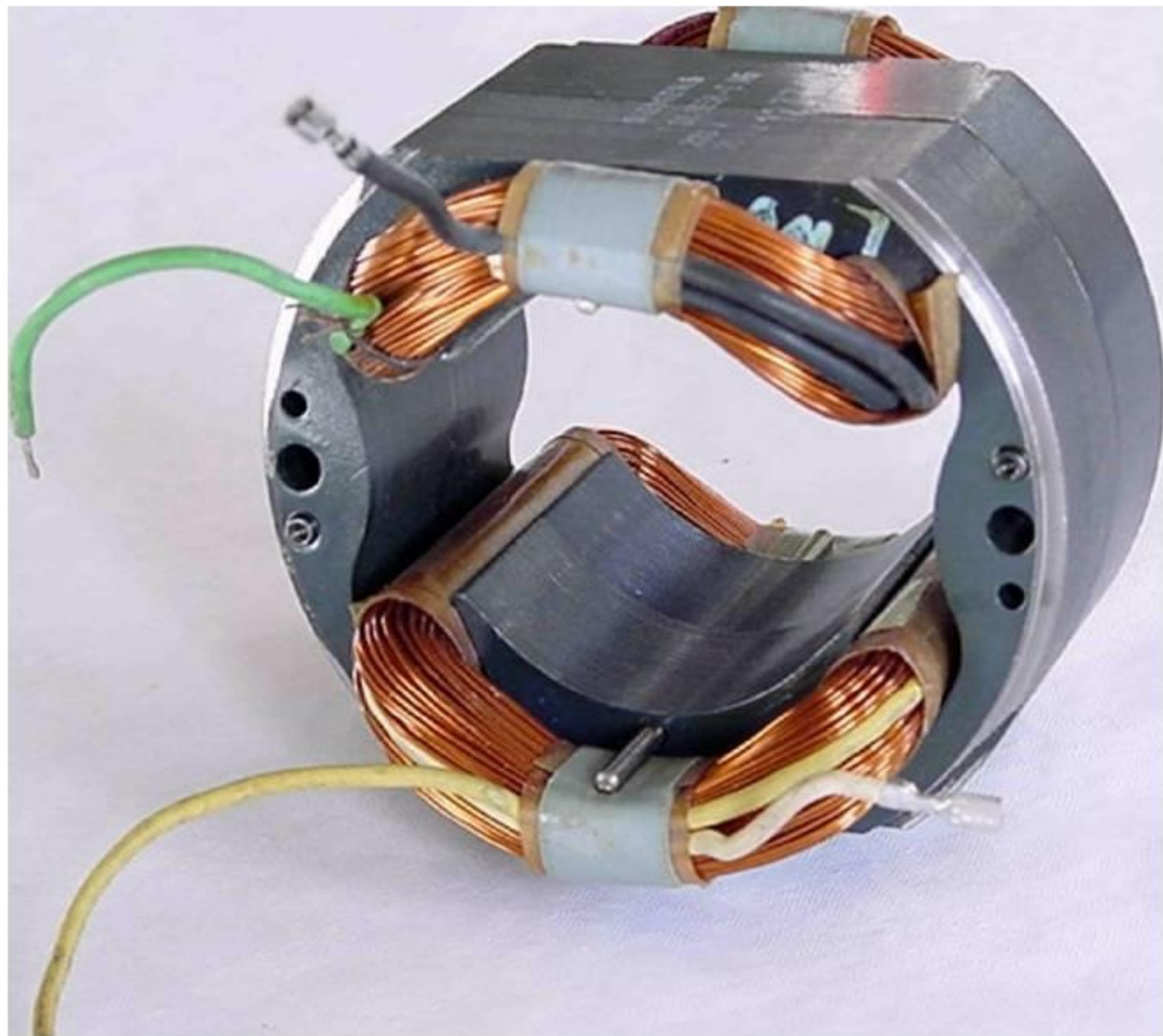
## Детали МПТ





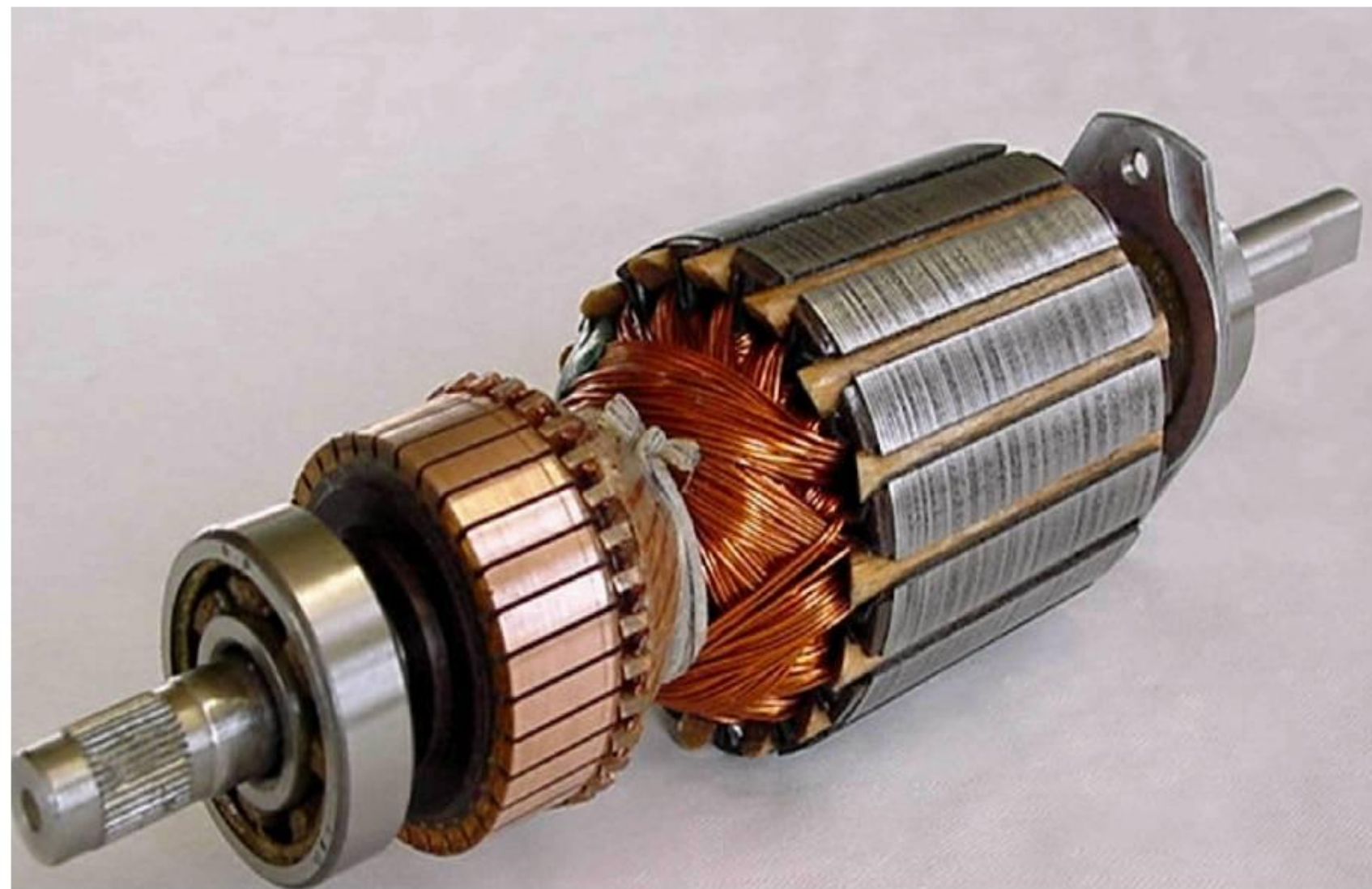
# Устройство статора МПТ

- Статор машины постоянного тока состоит из сердечника и станины. Производят станину из малоуглеродистой стали, имеющей большую магнитную проницаемость. Благодаря этому станина служит и магнитопроводом. В то же время она является основной деталью, объединяющей другие детали и сборочные единицы (узлы) машины в одно целое.
- Изнутри на болтах к станине крепят полюсы, состоящие из полюсного наконечника, сердечника и катушки. Полюсы делятся на главные и дополнительные. Для возбуждения магнитного поля служат главные полюсы; отчего обмотку их катушек именуют обмоткой возбуждения. В машинах повышенной мощности (более 1 кВт) устанавливают дополнительные полюсы для улучшения работы машины; соединяют обмотку дополнительных полюсов последовательно с обмоткой ротора.




# Устройство ротора МПТ

- Ротор машины постоянного тока состоит из сердечника и обмотки. Из тонких листов электротехнической стали набирают сердечник якоря, которые в свою очередь изолированы друг от друга лаковым покрытием, тем самым снижая потери на вихревые токи. Обмотку якоря укладывают в пазы сердечника. А в сердечнике якоря производят вентиляционные каналы. В машине постоянного тока устанавливают коллектор, для того чтобы ток проходил в одном и том же направлении от обмотки якоря во внешнюю цепь (в генераторе) или из внешней цепи к обмотке якоря (в двигателе). Набирание коллектора происходит из медных пластин, изолированных друг от друга миканитовыми прокладками. К нескольким или одному виткам обмотки якоря присоединяют каждую пластину коллектора.





Щёточно-коллекторный узел – узел электрической машины, обеспечивающий электрическое соединение цепи ротора с цепями, расположенными в неподвижной части машины. Состоит из коллектора (набора контактов, расположенных на роторе) и щёток (скользящих контактов, расположенных вне ротора и прижатых к коллектору)



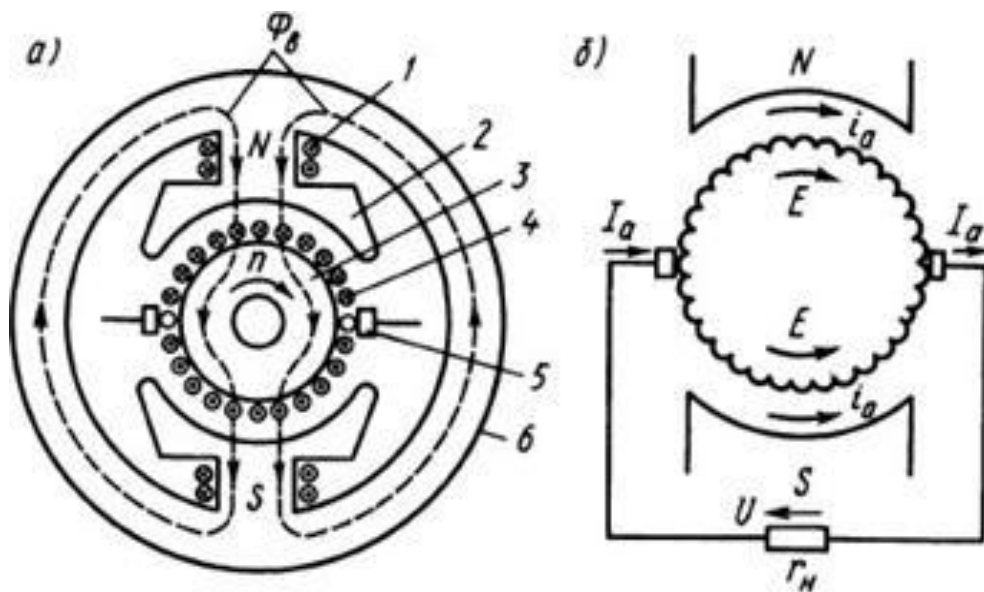
В коллекторном электродвигателе щёточно-коллекторный узел одновременно выполняет две функции:

датчик углового положения ротора (датчик угла) со скользящими контактами

переключатель направления тока со скользящими контактами в обмотках ротора в зависимости от углового положения ротора.

Если машина работает в генераторном режиме, то коллектор вместе со скользящими по его поверхности щетками является выпрямителем.

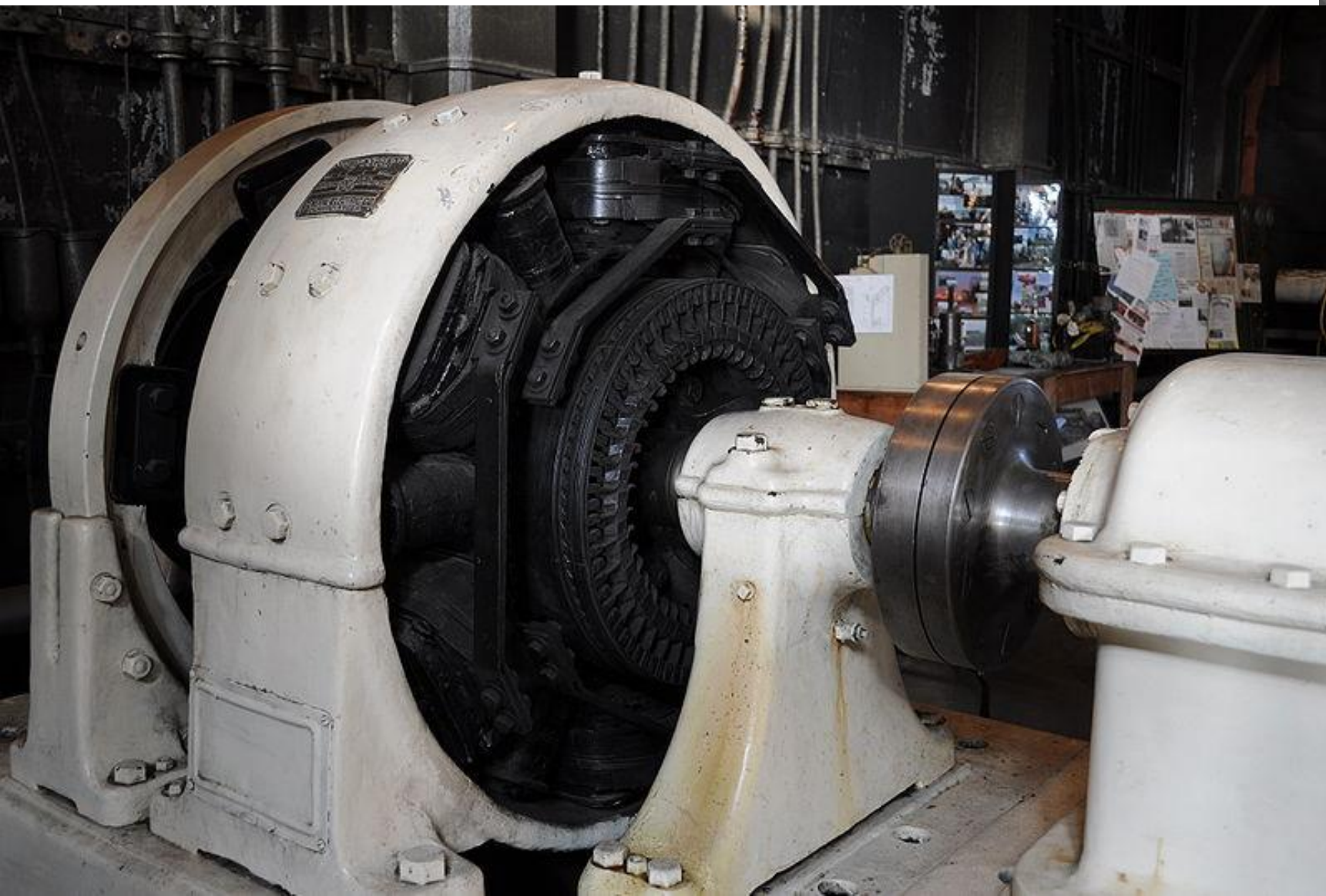
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СХЕМА ДВУХПОЛЮСНОЙ  
МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА (А) И ЭКВИВАЛЕНТНАЯ  
СХЕМА ЕЕ ОБМОТКИ ЯКОРЯ (Б): 1 – ОБМОТКА  
ВОЗБУЖДЕНИЯ; 2 – ГЛАВНЫЕ ПОЛЮСЫ; 3 – ЯКОРЬ;  
4 – ОБМОТКА ЯКОРЯ; 5 – ЩЕТКИ; 6 – КОРПУС (СТАНИНА)



# ГЕНЕРАТОР

- В генераторе индуктором также является статор, создающий постоянное магнитное поле между соответствующими полюсами. При вращении ротора, в проводниках обмотки якоря, перемещающихся в магнитном поле, по закону электромагнитной индукции наводится ЭДС, направление которой определяется по правилу правой руки. Переменная ЭДС обмотки якоря выпрямляется с помощью коллектора, через неподвижные щетки, посредством которых обмотка соединяется с внешней сетью.

# Генератор постоянного тока General Electric в Джорджтаунском музее электрических станций.





# Электрогенераторы в начале XX века



# Турбогенератор постоянного тока ТГ-1М паровоза ЛВ





# Дизель-генераторная установка танкера



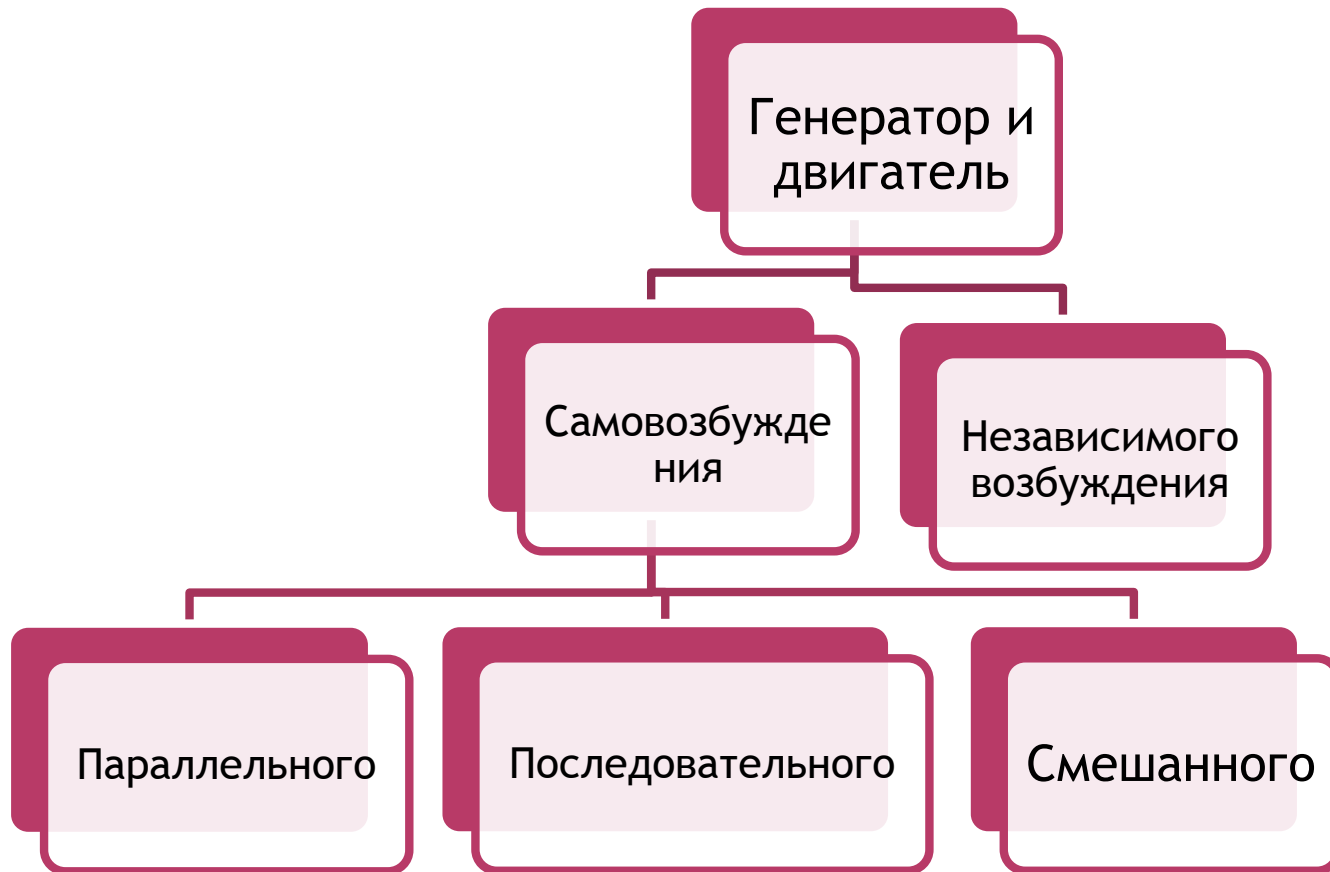


# Передвижной электроагрегат



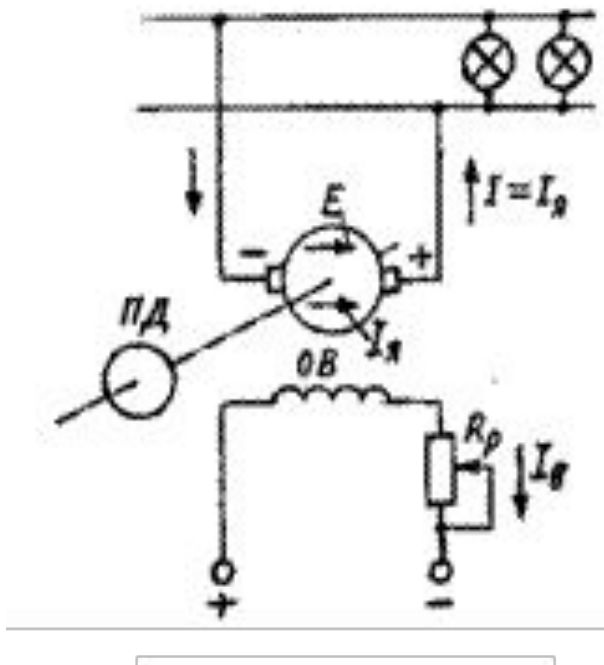


# Классификация генераторов и двигателей постоянного тока по способу возбуждения



# ГЕНЕРАТОРЫ НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

- Генераторами независимого возбуждения называются генераторы постоянного тока, обмотка возбуждения которых питается постоянным током от постороннего источника электрической энергии (сеть постоянного тока, выпрямитель, аккумулятор и др.) или у которых магнитный поток создается постоянными магнитами.



# Основные характеристики генераторов ПТ

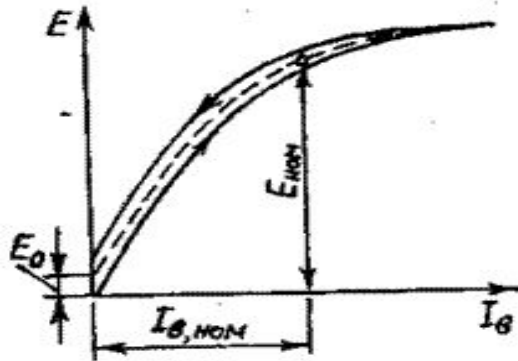


Рис. 1.17

Характеристика холостого хода

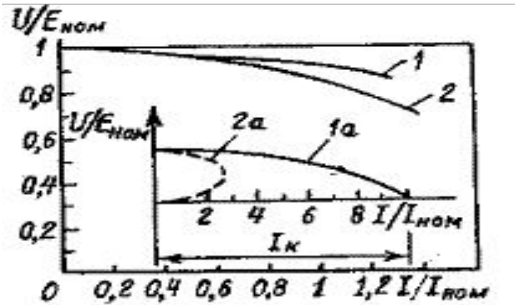
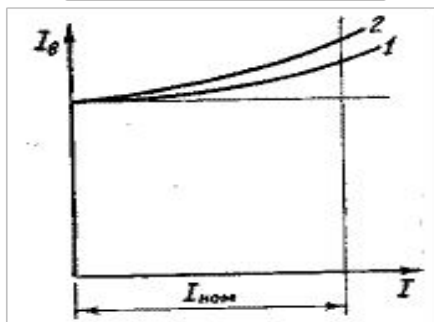


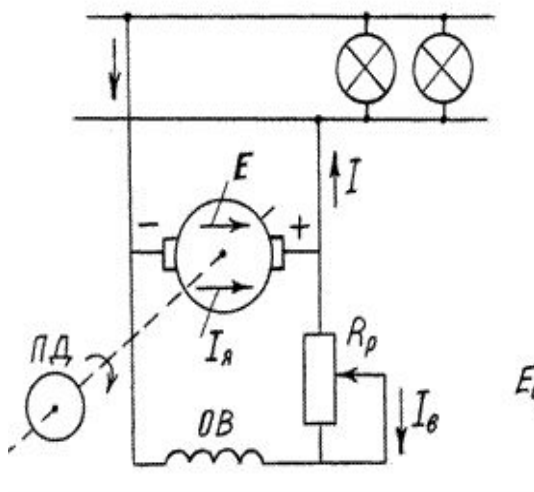
Рис. 1.18

Внешняя характеристика

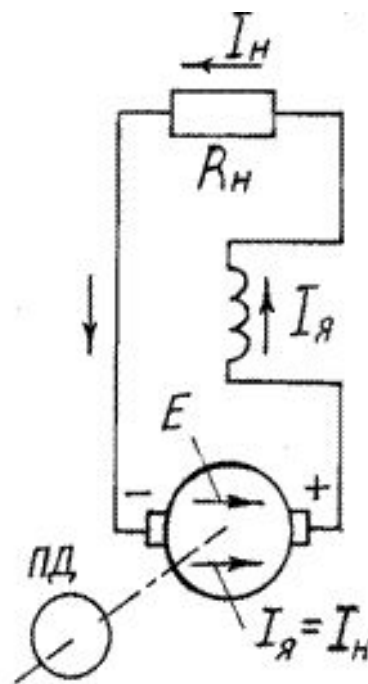


Регулировочная характеристика

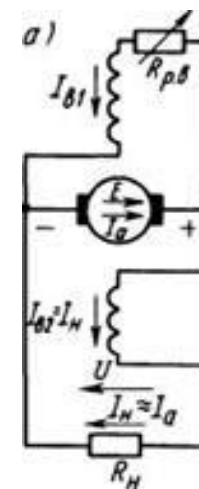
# Схемы генераторов с самовозбуждением



Генераторы  
параллельного  
возбуждения

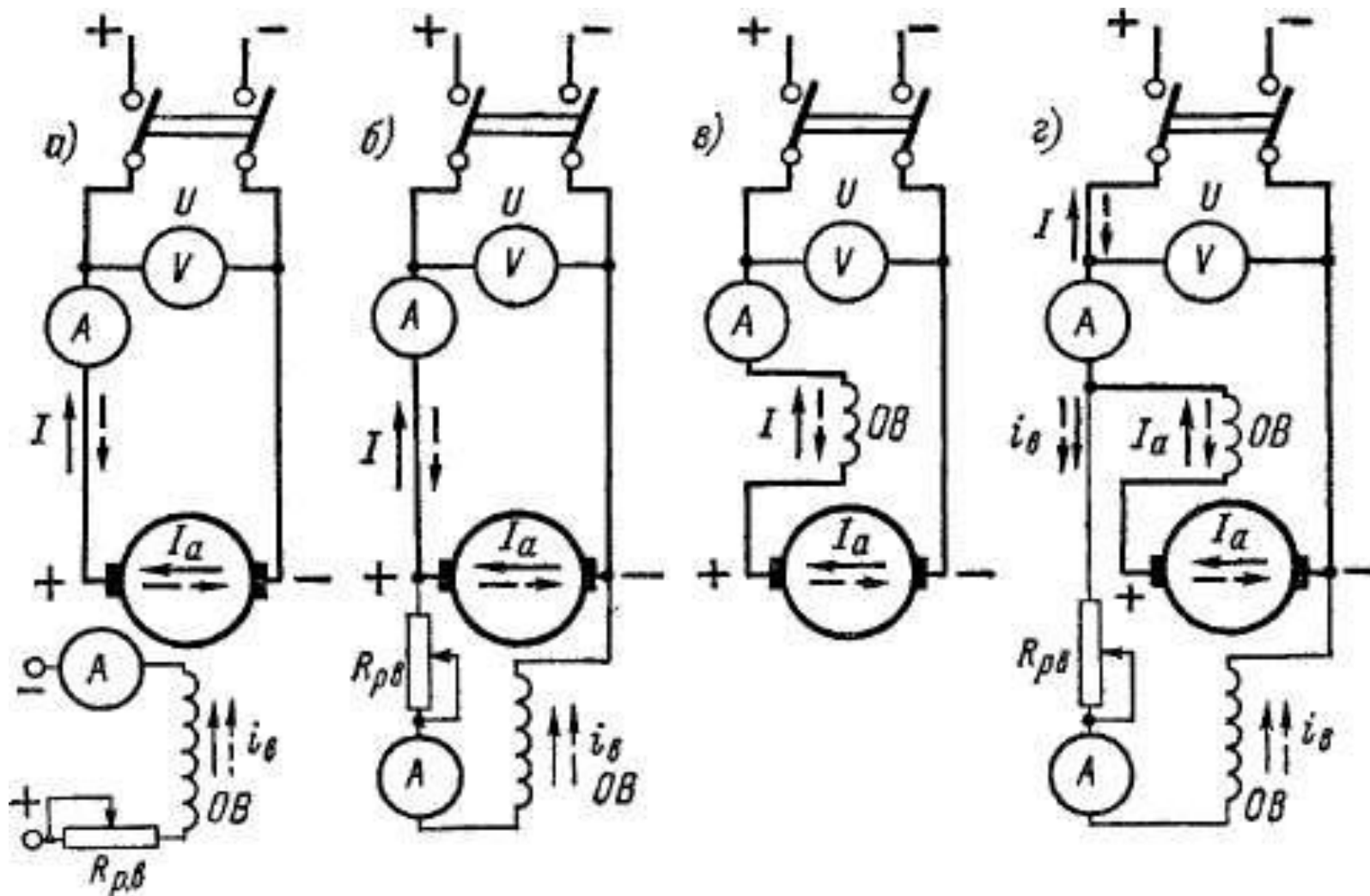


Генераторы  
последовательного  
возбуждения



Генераторы  
смешанного  
возбуждения

# Схемы генераторов



# ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

- В роли индуктора выступает статор, на котором расположена обмотка. На неё подаётся постоянный ток, в результате чего вокруг неё создаётся постоянное магнитное поле. Обмотка ротора состоит из проводников, запитанных через коллектор. В результате на них действуют пары сил Ампера, которые вызывают вращающий момент. Направление сил определяется по правилу «буравчика». Однако этот вращающий момент способен повернуть ротор только на 180 градусов, после чего он остановится. Чтобы это предотвратить, используется щёточно-коллекторный узел, выполняющий роль переключателя полюсов и датчика положения ротора (ДПР).

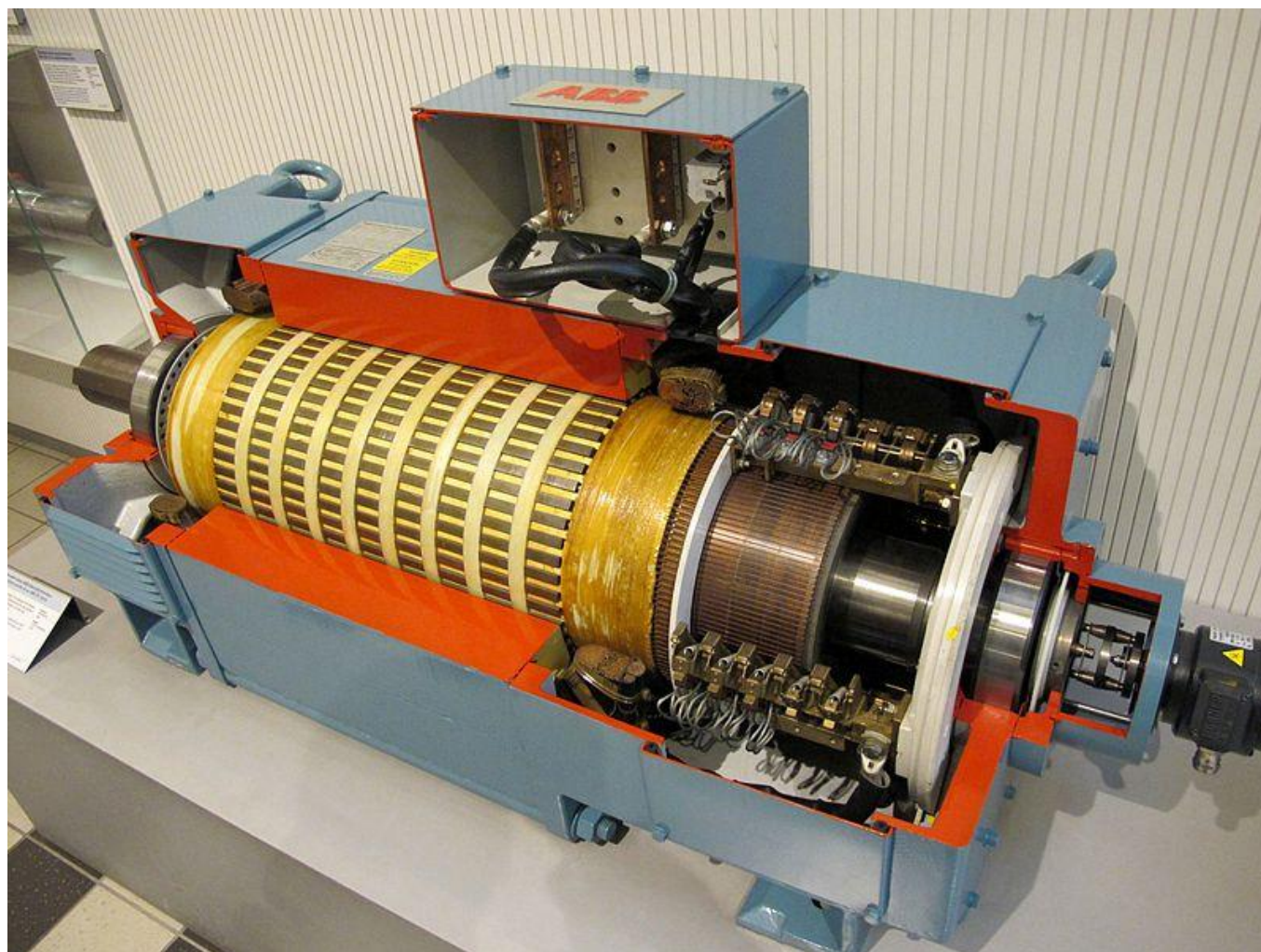


# Коллекторный двухполюсный двигатель постоянного тока с тремя зубцами на роторе



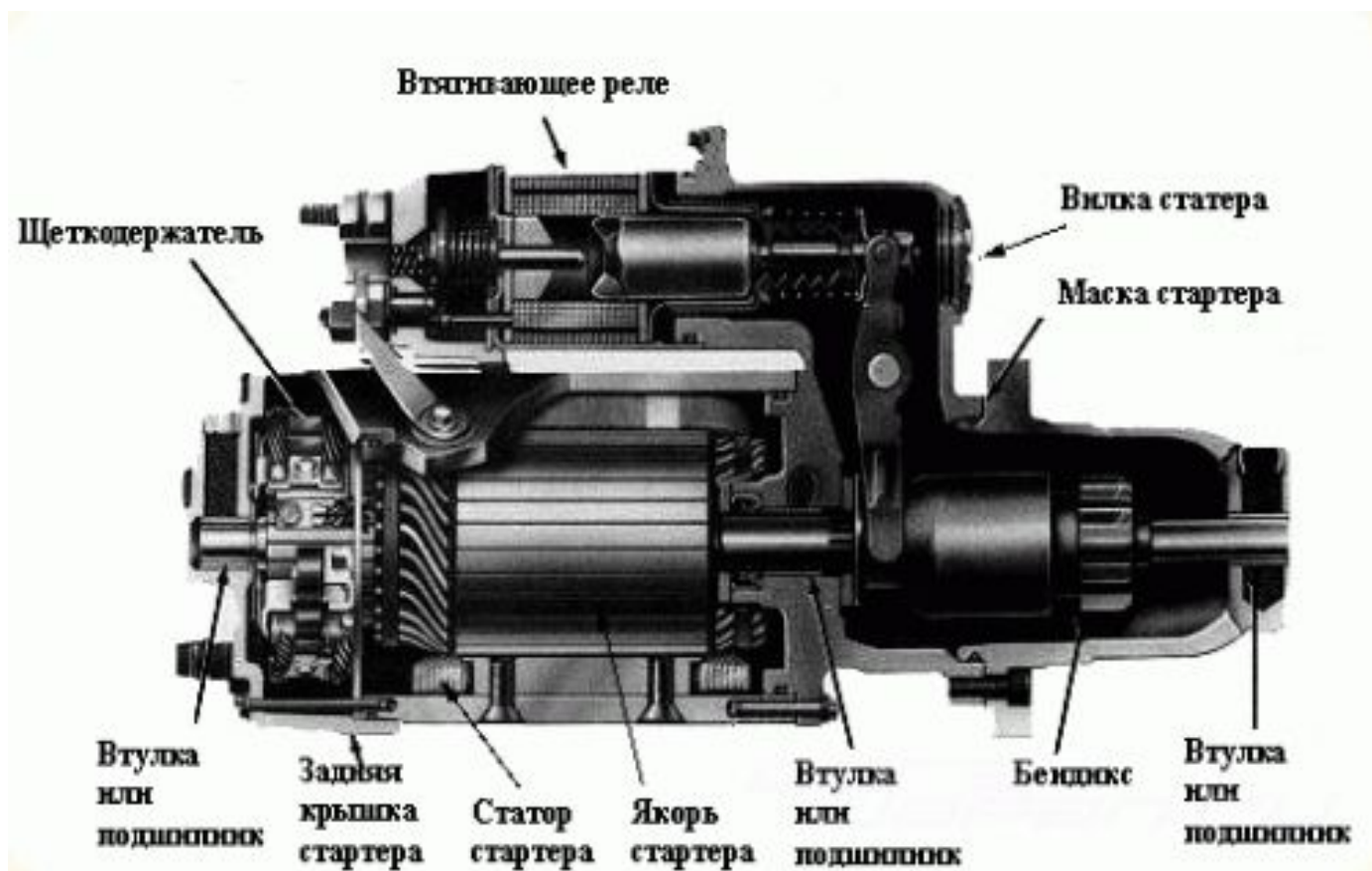


# ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА В РАЗРЕЗЕ

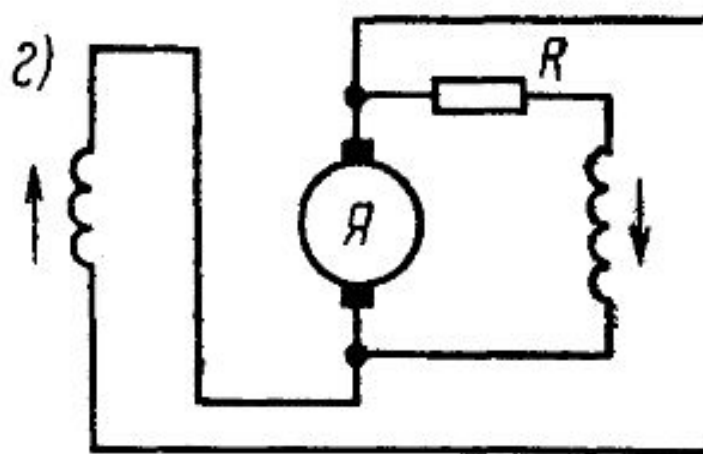
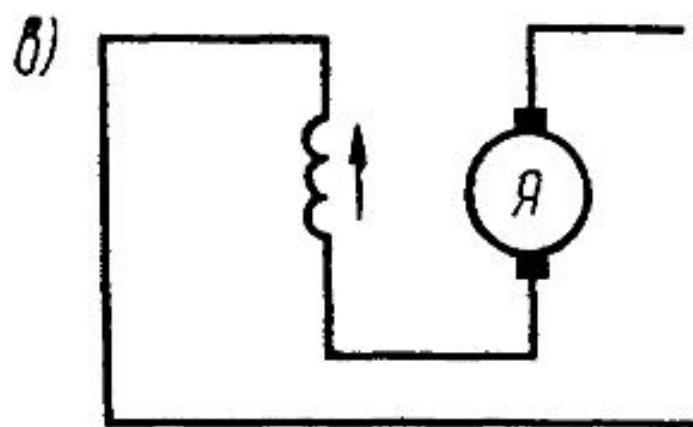
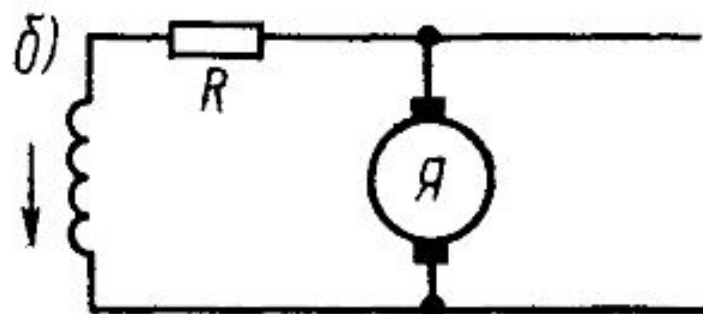
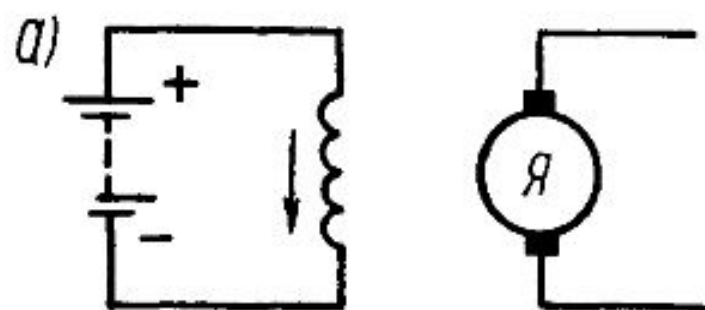




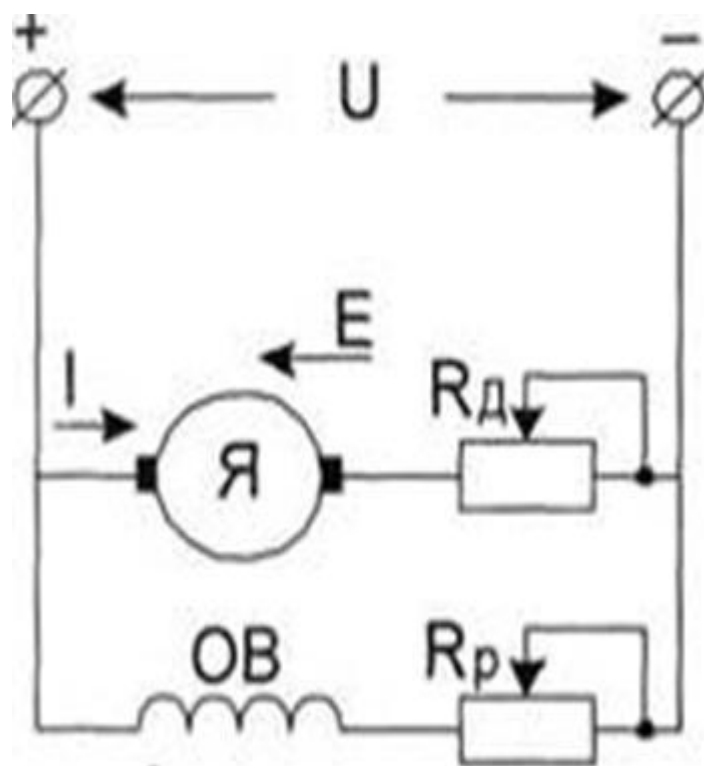
# СТАРТЕР - ЭТО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЧЕТЫРЬМЯ ПОЛЮСАМИ



# СХЕМЫ ДПТ



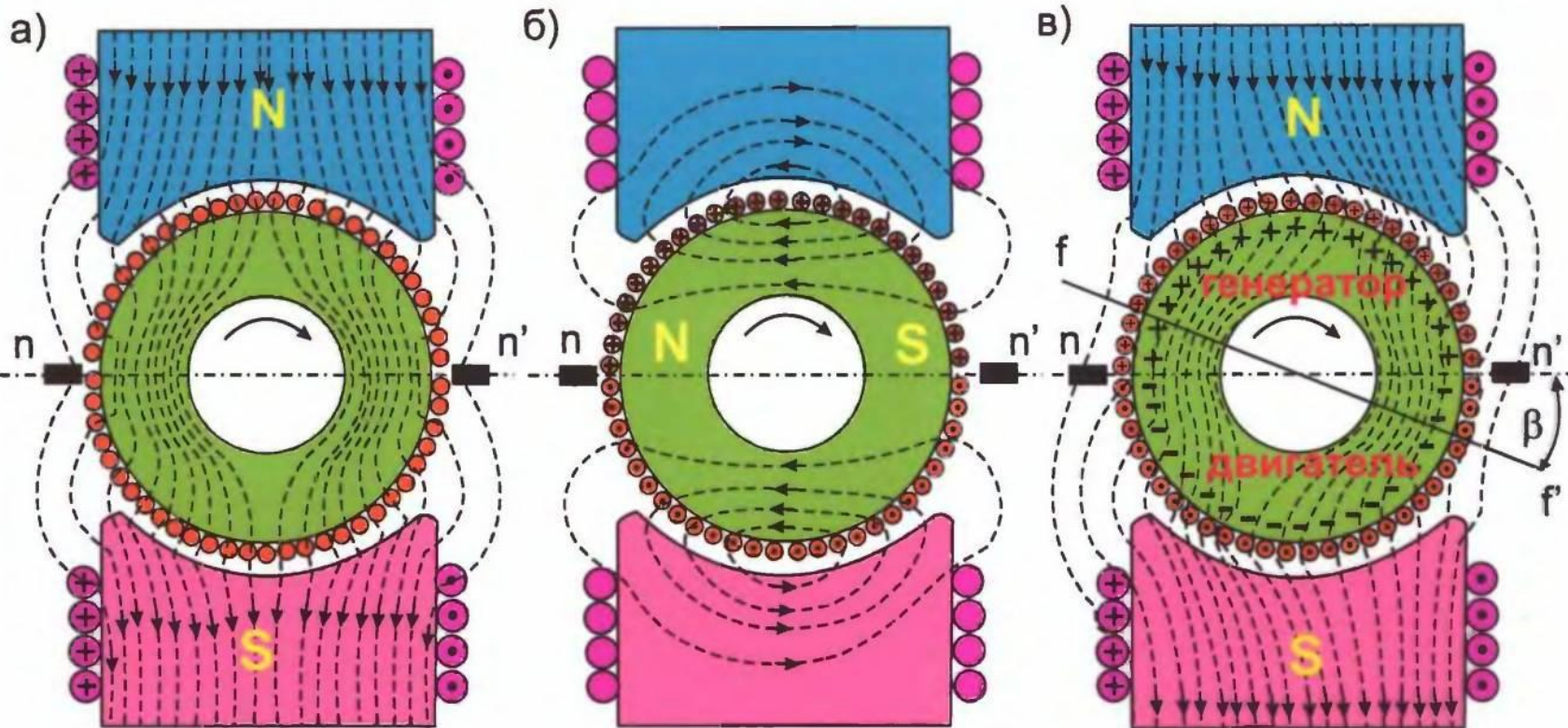
# ДПТ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ



# РЕАКЦИЯ ЯКОРЯ

- Реакцией якоря называется воздействие тока якоря на магнитное поле машины. Реакция якоря в большинстве случаев явление нежелательное, искажающее основное магнитное поле и тем самым ухудшающее условия работы машины, поэтому при конструировании машины предусматриваются меры для уменьшения ее влияния.
- При работе машины в генераторном режиме это вызывает понижение напряжения, при работе в двигательном режиме — изменение вращающего момента и частоты вращения.

Реакция якоря - искажающее воздействие намагничивающей силы якоря на главное магнитное поле машины.



а) главное магнитное поле; б) поле якоря; в) результирующее поле.

# БОРЬБА С РЕАКЦИЕЙ ЯКОРЯ

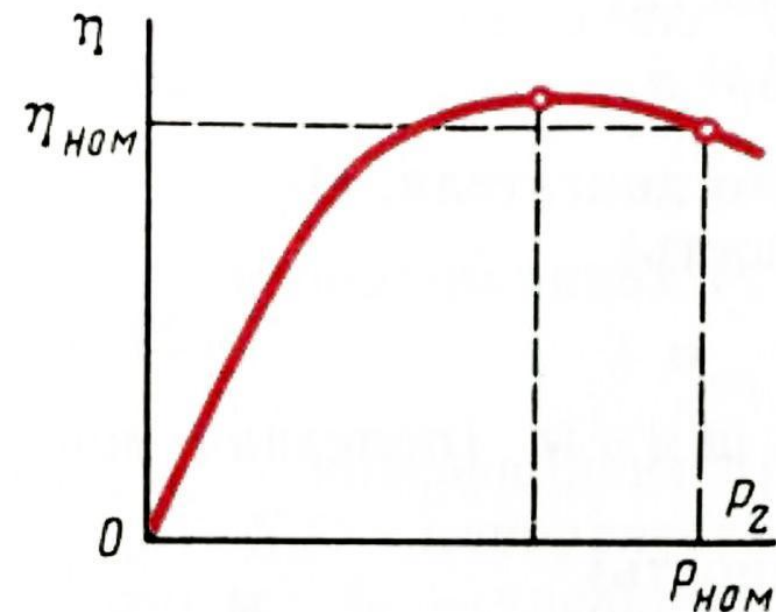
- Для ослабления реакции якоря при конструировании машины предусматривается увеличение магнитного сопротивления на пути потока якоря — воздушный зазор между якорем и полюсными наконечниками делается относительно большим, а сечение зубцов якоря выбирается таким, чтобы индукция в них была велика.
- Для того чтобы предупредить смещение физической нейтрали из-за реакции якоря, большинство современных машин постоянного тока снабжается *дополнительными* полюсами. Эти полюсы необходимы также для улучшения коммутации. Они устанавливаются на станине машины по линии геометрической нейтрали. Обмотки дополнительных полюсов соединяются через щетки последовательно с обмоткой якоря так, чтобы направление напряженности поля от дополнительных полюсов было противоположно направлению напряженности поля реакции якоря. Таким образом, дополнительные полюсы компенсируют поле реакции якоря.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДПТ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

- Двигатель с последовательным возбуждением может, следовательно, выдерживать сильные перегрузки при умеренном увеличении тока. Это его ценное свойство.
- Высокая перегрузочная способность и мягкая характеристика двигателя с последовательным возбуждением особенно ценны для электрической тяги. В России электрификация транспорта (трамвай, метрополитен, электрические железные дороги) осуществлена в основном с применением в качестве тяговых двигателей двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением. Для их энергоснабжения устраиваются преобразовательные подстанции, выпрямляющие переменный ток. На некоторых электрических железных дорогах преобразование переменного тока в постоянный осуществляется на самом электровазоне, обычно посредством тиристорov.
- Эти двигатели весьма удобны также в качестве крановых двигателей там, где имеются источники постоянного тока.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ



- Современные электрические машины имеют высокий КПД. Так, у машин постоянного тока мощностью 10 кВт КПД составляет 83 - 87%, мощностью 100 кВт - 88 - 93% и мощностью 1000 кВт - 92 - 96%. Лишь малые машины имеют относительно низкие КПД; например, у двигателя постоянного тока мощностью 10 Вт КПД 30 - 40%.

- Кривая КПД электрической машины  $\eta = f(P_2)$  сначала быстро растет с увеличением нагрузки, затем КПД достигает максимального значения (обычно при нагрузке, близкой к номинальной) и при больших нагрузках уменьшается. Это объясняется тем, что отдельные виды потерь растут быстрее, чем полезная мощность.