



Машины постоянного тока

Электрические машины постоянного тока по своему назначению делятся на генераторы, преобразующие механическую энергию в электрическую при постоянном напряжении (источники электрической энергии) и двигатели, преобразующие электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию.

Механическая энергия используется для приведения во вращение исполнительных механизмов (станок, лебедка, и т.д.).

Электрические машины подразделяются на следующие группы по мощности:

- микромашины, мощностью от долей ватта до 500 Вт;
- машины малой мощности – 0,5...10 кВт;
- машины средней мощности – от 10 до нескольких сотен кВт;
- машины большой мощности – свыше нескольких сотен кВт.

Большое применение находят машины постоянного тока мощностью до 200 кВт

на напряжение 110...440 В с частотой вращения 550...2870 об/мин.

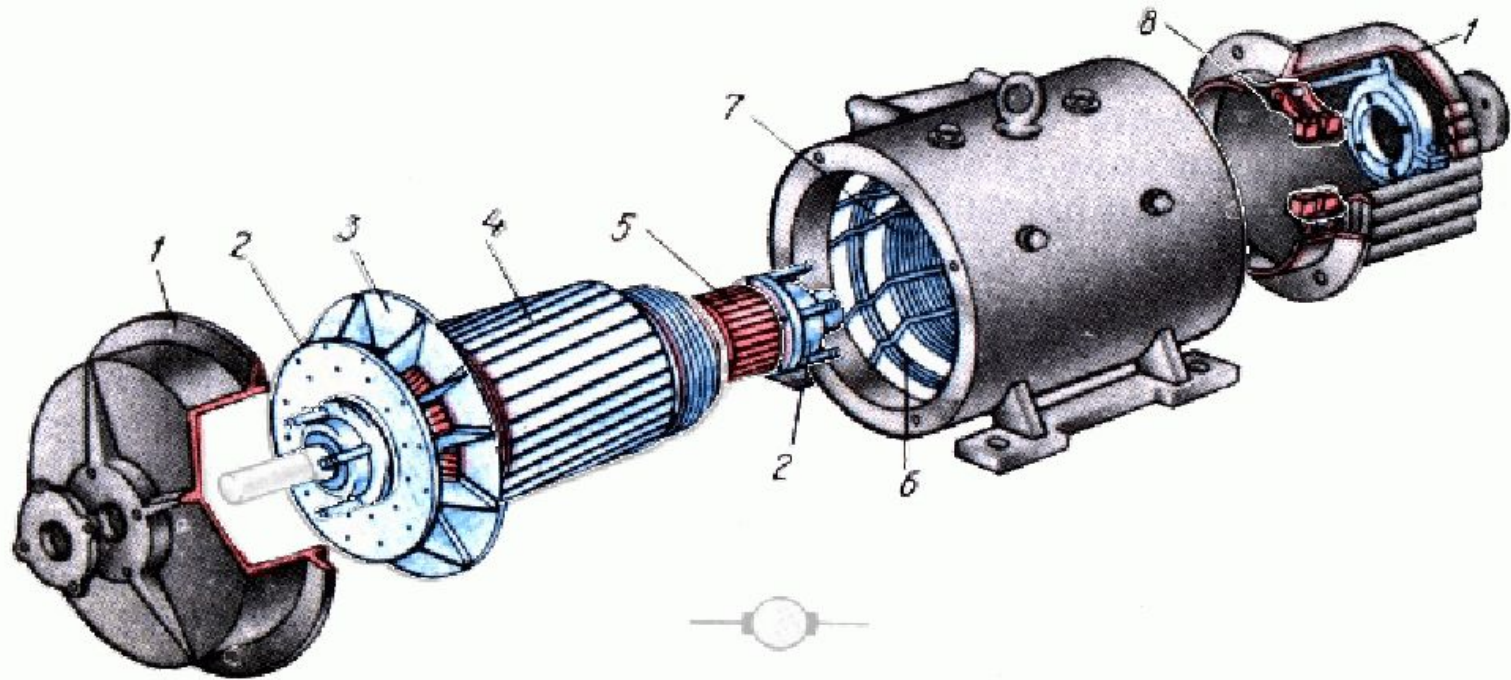
Микромашины имеют частоты вращения от нескольких оборотов до 30 000 об/мин. Двигатели постоянного тока (ДПТ) допускают плавное регулирование частоты вращения и способны развивать большой пусковой момент, благодаря чему они

нашли широкое применение на электротранспорте и для привода технологического оборудования.

Генераторы постоянного тока (ГПТ) используются для питания электролизных и гальванических ванн, электроснабжения потребителей на транспорте, в системах автоматики для привода механизмов и в качестве датчиков частоты вращения.

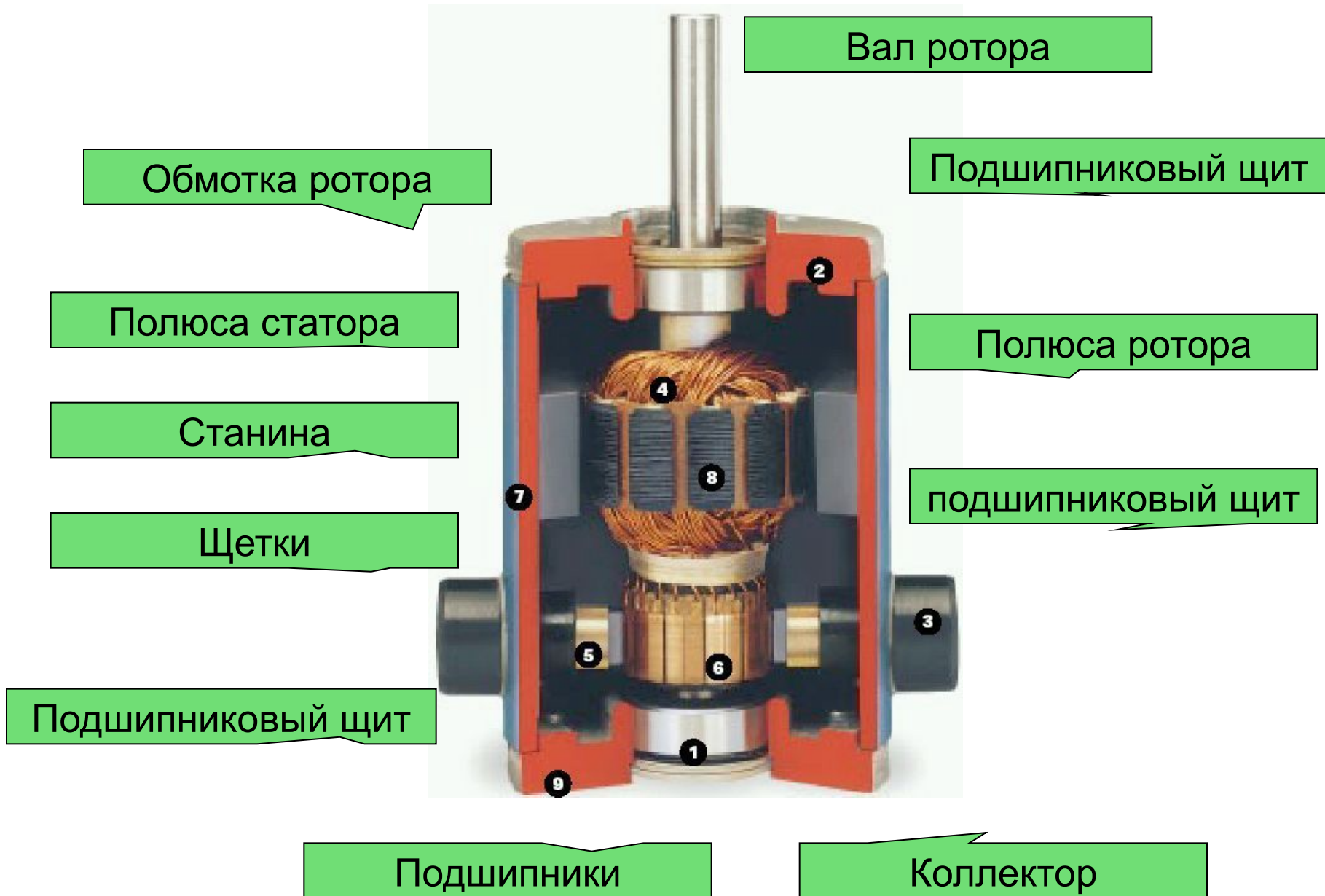
Серьезным недостатком машин постоянного тока является наличие щеточно-коллекторного узла, требующего ухода и снижающего надежность работы

Устройство машины постоянного тока

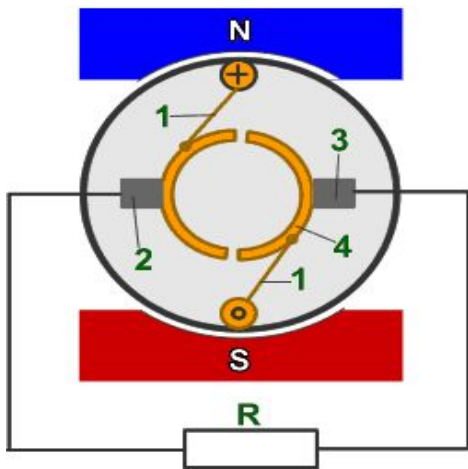


1 – подшипниковый щит, 2 – подшипник, 3 – вентилятор, 4 – якорь, 5 – коллектор; 7 – главный и дополнительный полюсы; 8 – щёткодержатель.

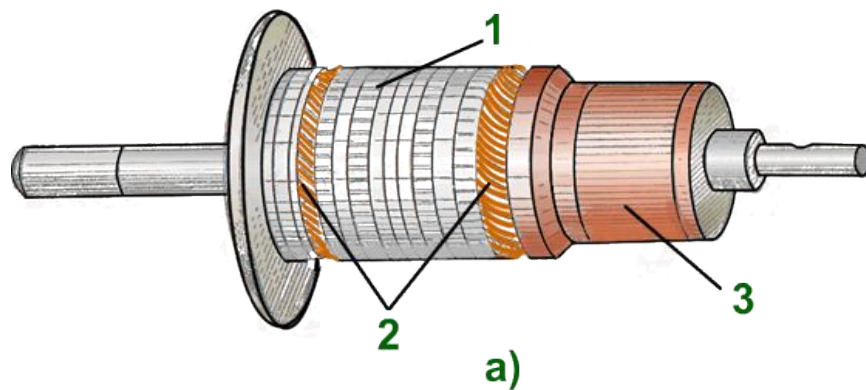
Устройство машины постоянного тока



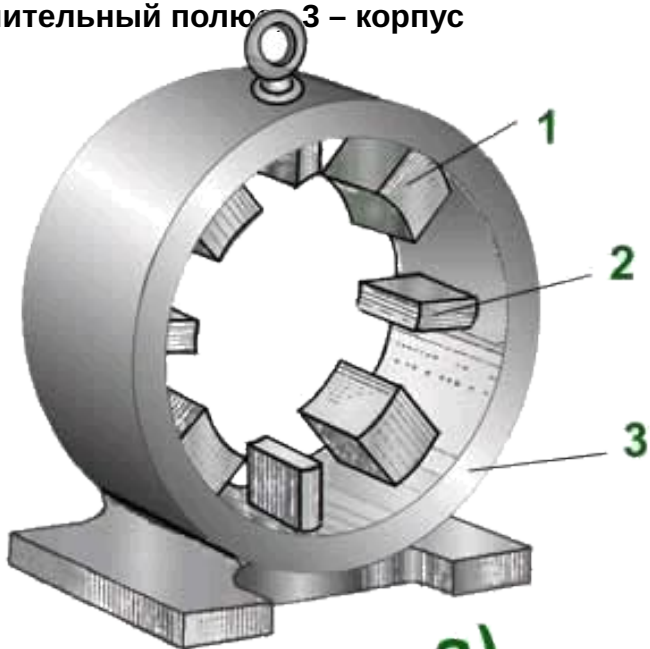
- 1 – виток обмотки якоря; 2, 3 – щётки; 4 – пластина коллектора



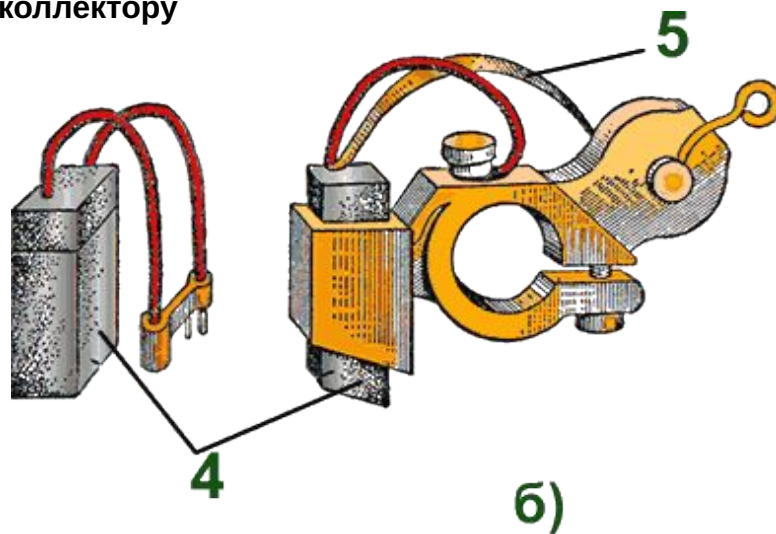
- Устройство якоря: 1 – магнитопровод якоря; 2- обмотка якоря; 3 - коллектор



- Устройство индуктора: 1 – главный полюс; 2- дополнительный полюс; 3 – корпус

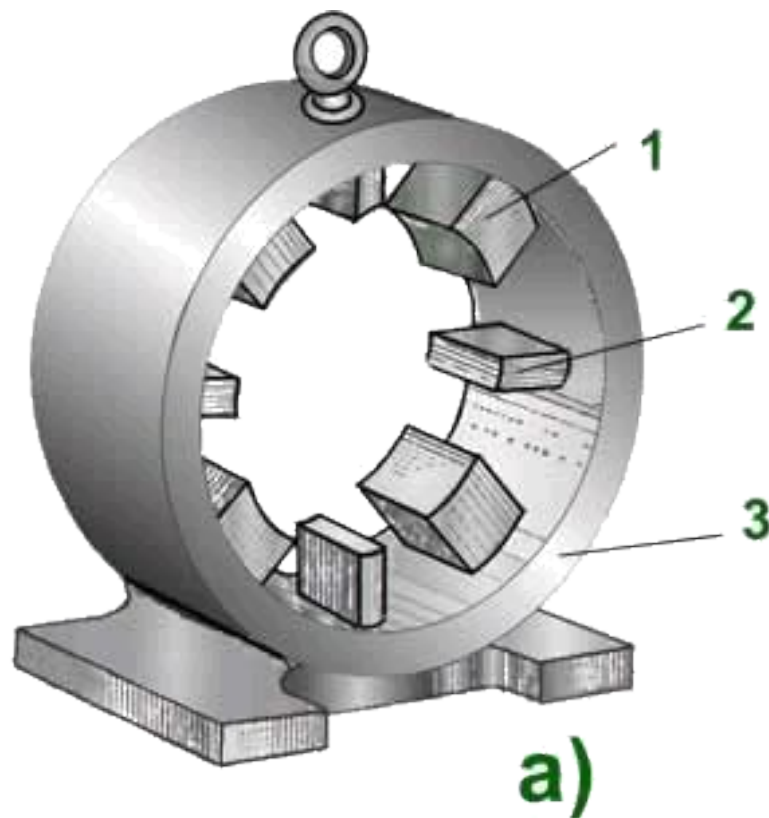


- Щеточное устройство
- 4 – щётки; 5 – пружины, прижимающие щетки к коллектору



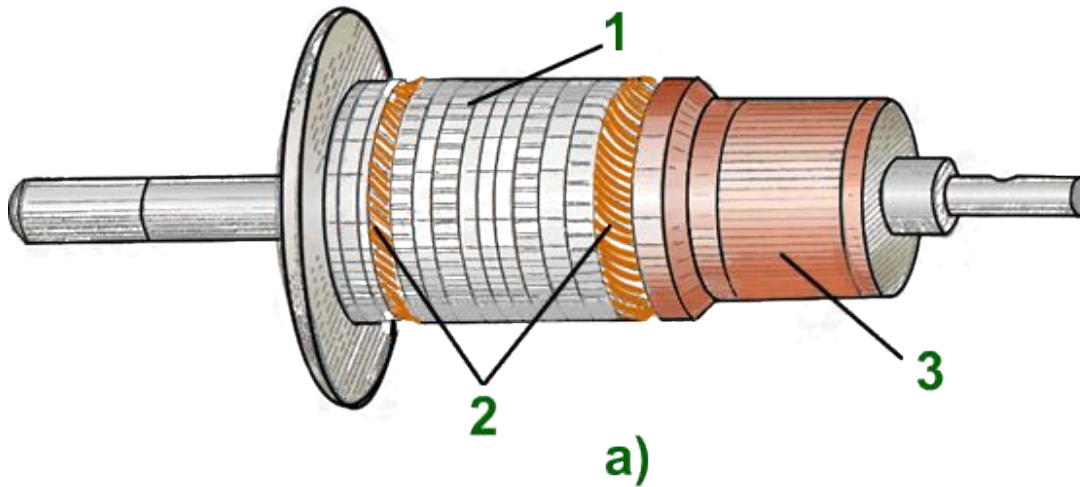
Устройство индуктора (статора) машины постоянного тока

- 1 – главный полюс; 2 – дополнительный полюс; 3 - корпус



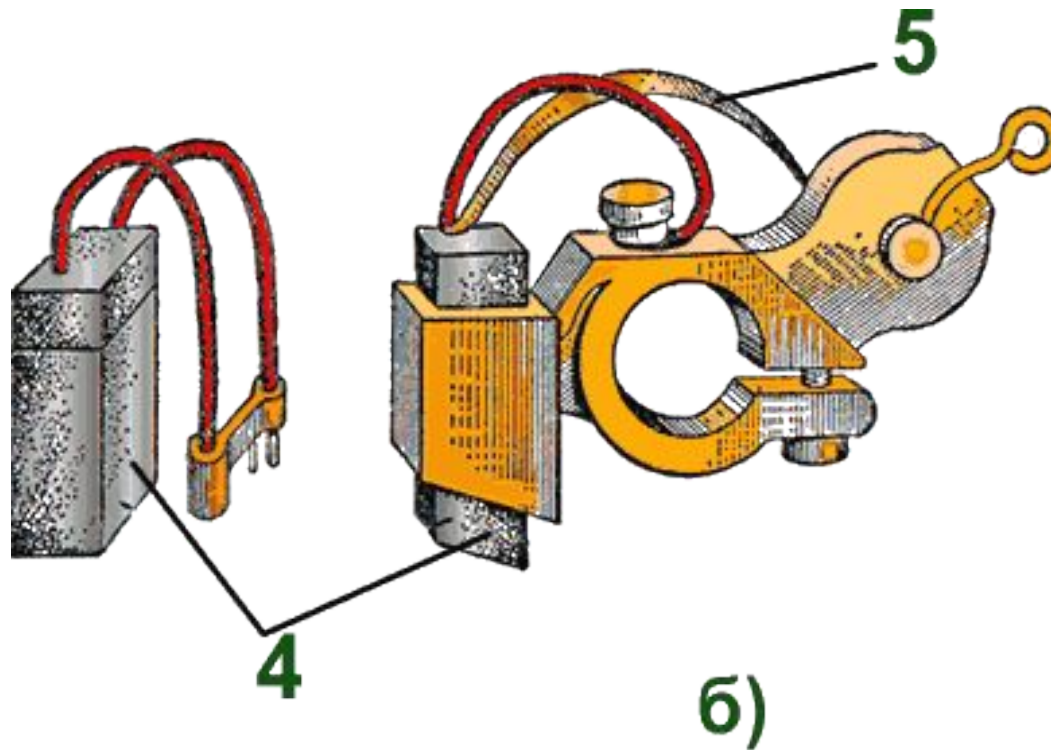
Устройство якоря машины постоянного тока

- 1 – сердечник якоря; 2 – обмотка якоря; 3 - коллектор



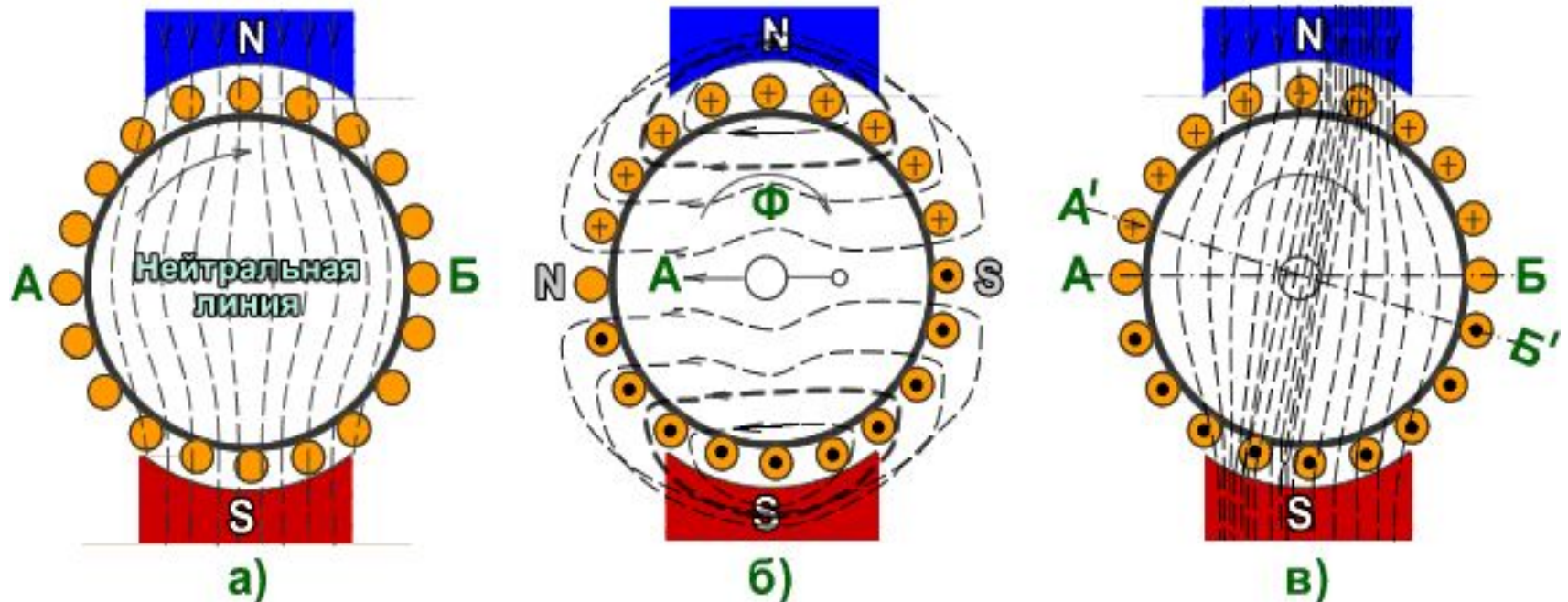
Устройство щеткодержателя

- 4 – щётки; 5 - пружины, прижимающие щётки к коллектору



Реакция якоря

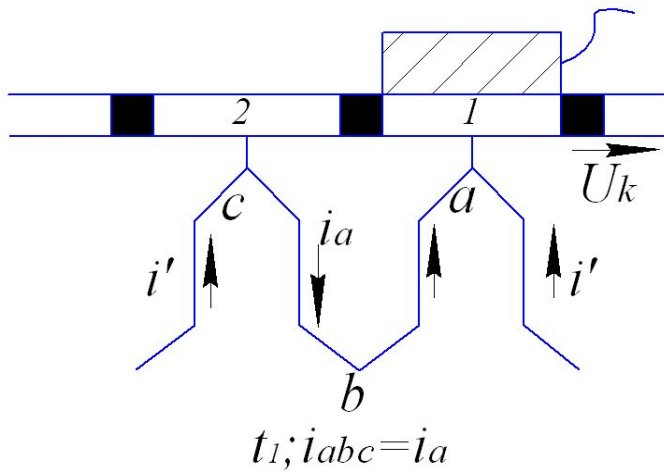
- Реакция якоря – влияние магнитного потока якоря на основной магнитный поток. Рис.а – основной магнитный поток; б – магнитный поток якоря; в – результирующий магнитный поток. А-Б – геометрическая нейтраль; А'-Б' – физическая нейтраль. Приводит к искрению под щётками, уменьшению ЭДС. Улучшение – применение компенсирующей обмотки и сдвиг щёток на физическую нейтраль.



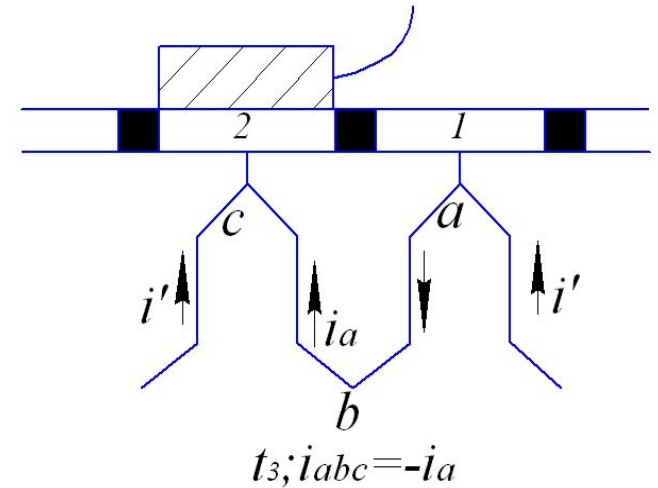
Коммутация машин постоянного тока

Коммутация МПТ – явления, вызванные изменением направления тока в проводниках обмотки якоря при переходе из одной параллельной ветви в другую (рис. а, б, с). Рис. е: 1 – прямолинейная коммутация; 2 – замедленная коммутация; 3 – ускоренная коммутация. Коммутация приводит к искрению под щётками. Улучшение – установка дополнительных полюсов и сдвиг щеток в сторону физической нейтрали.

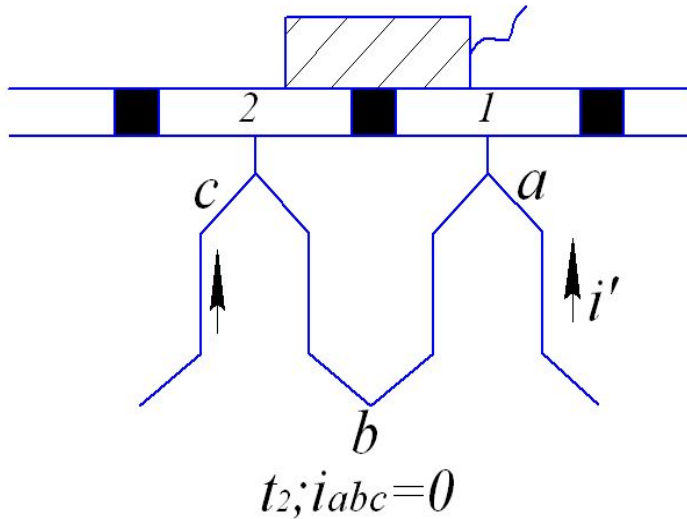
• а)



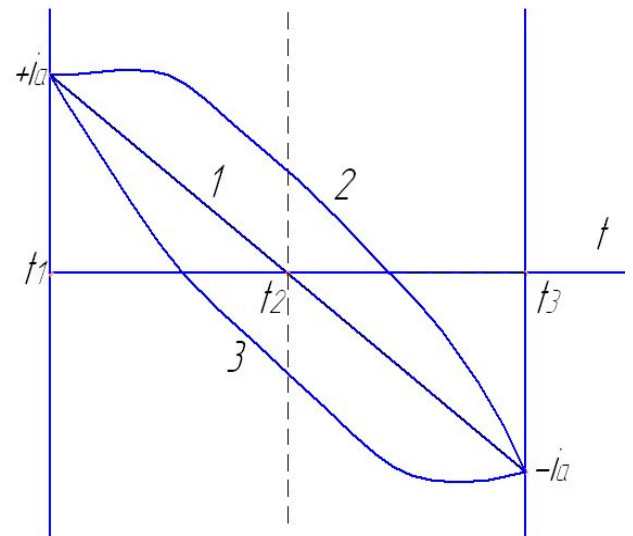
• с)

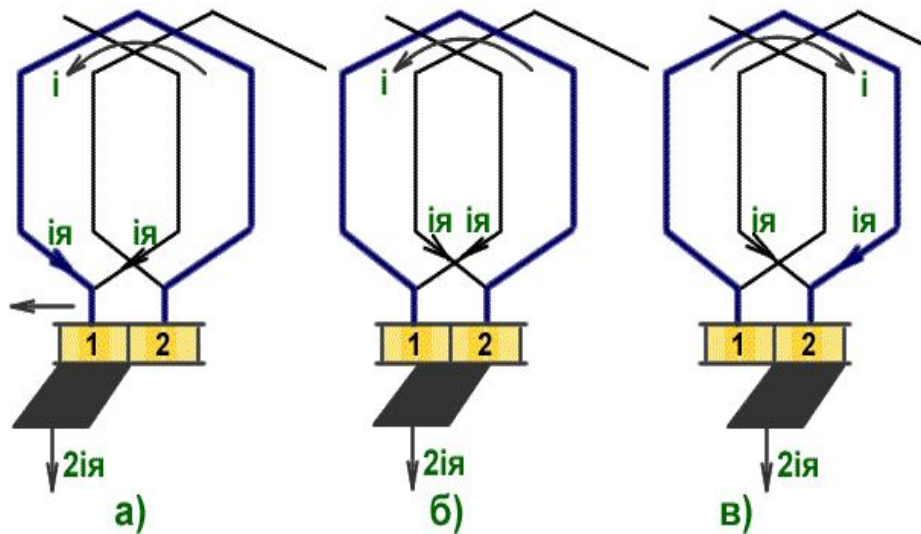


• б)



• е)





• Направление тока в коммутируемой секции обмотки якоря:

• а) до коммутации;

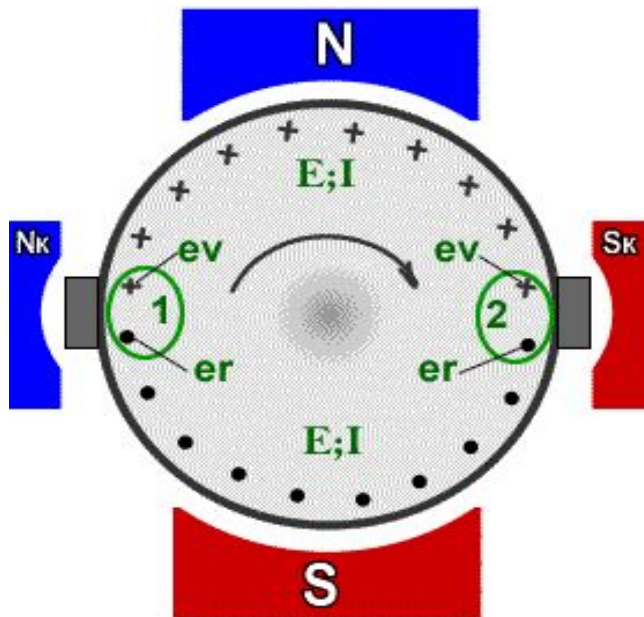
• б) при коммутации;

• в) по окончании коммутации;

• 1, 2 – пластины коллектора.

• За период коммутации происходит изменение направления тока в витке обмотки якоря. Это означает, что по витку протекает переменный ток, который согласно принципу Ленца индуцирует в коммутируемом витке реактивную ЭДС e_r .

- При расположении щеток на геометрической нейтрали в коммутируемом витке магнитным потоком якоря индуцируется ЭДС вращения $e_v = -e_r$. Для улучшения условий коммутации устанавливают дополнительные полюсы N_k, S_k .



Двигатель постоянного тока

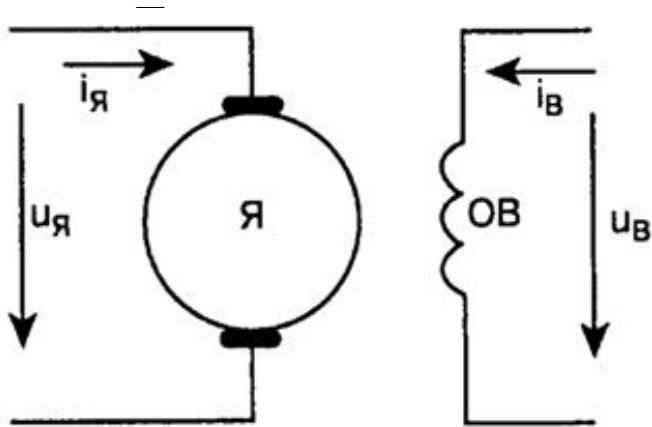


Схемы возбуждения двигателей постоянного тока

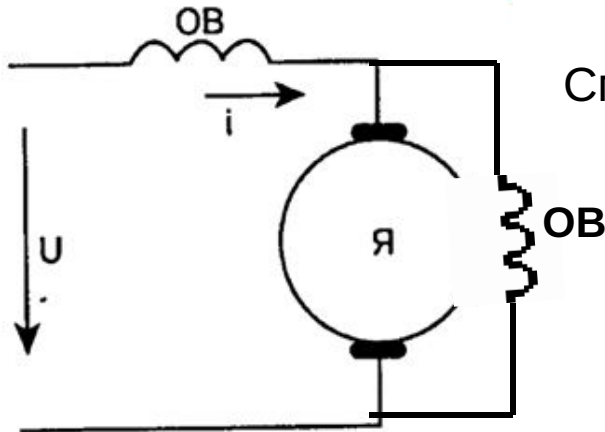
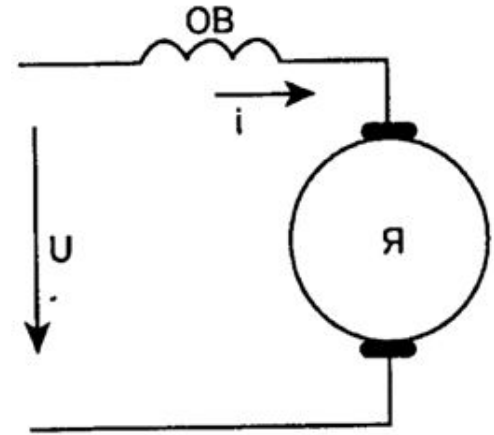
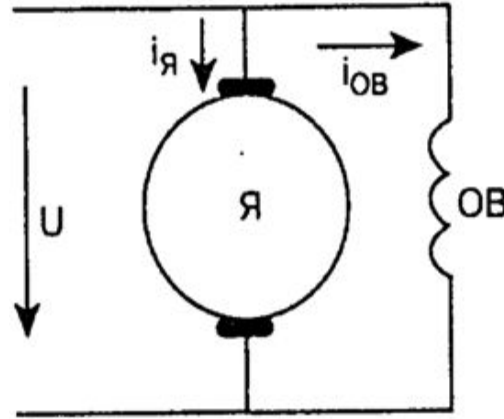
В зависимости от того, как обмотка возбуждения (ОВ) и обмотка якоря (ОЯ) подключены относительно обмотки якоря (ОЯ) получают следующие типы ДПТ:

независимого возбуждения, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.

• Независимое

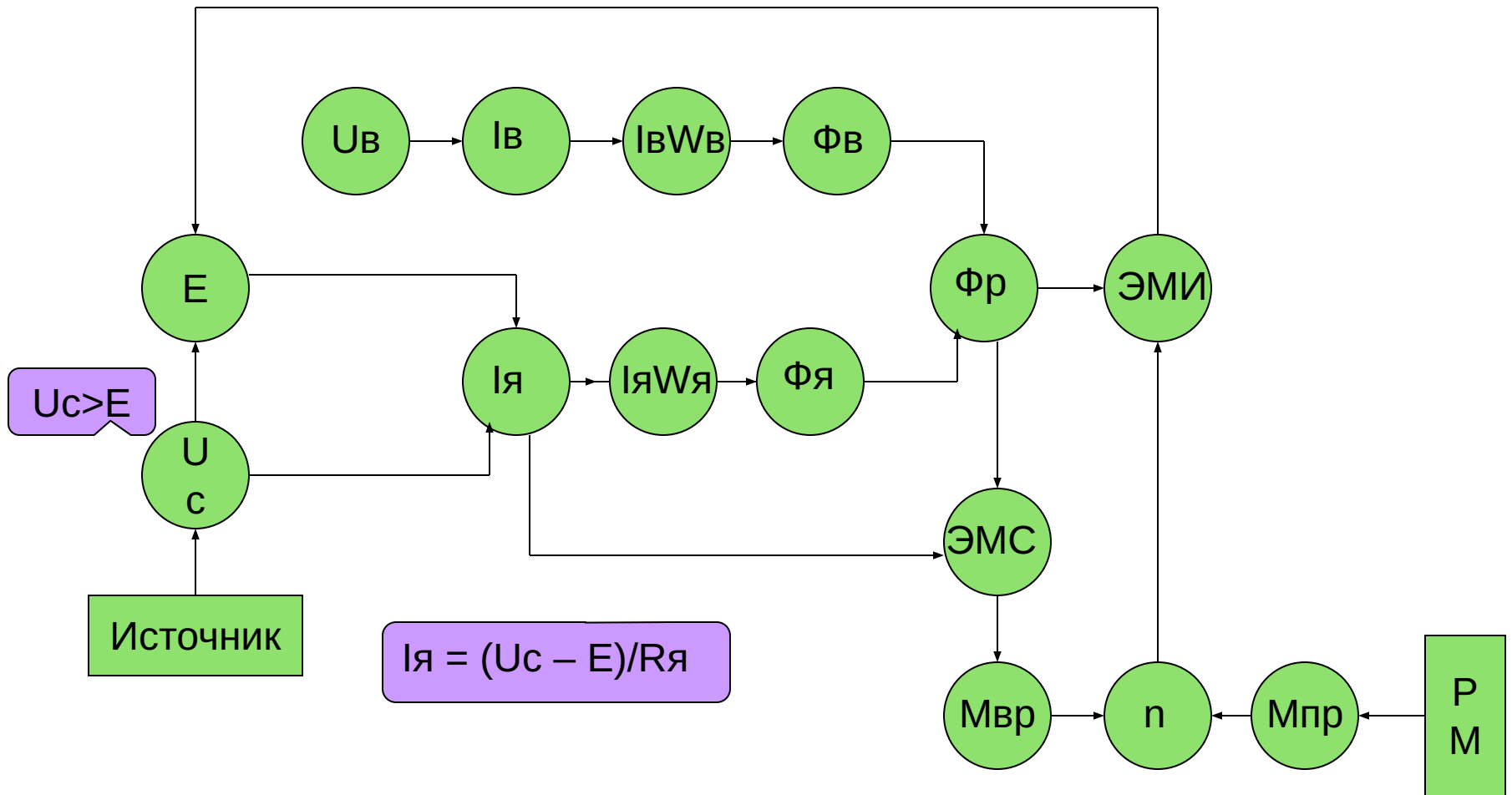


Параллельное

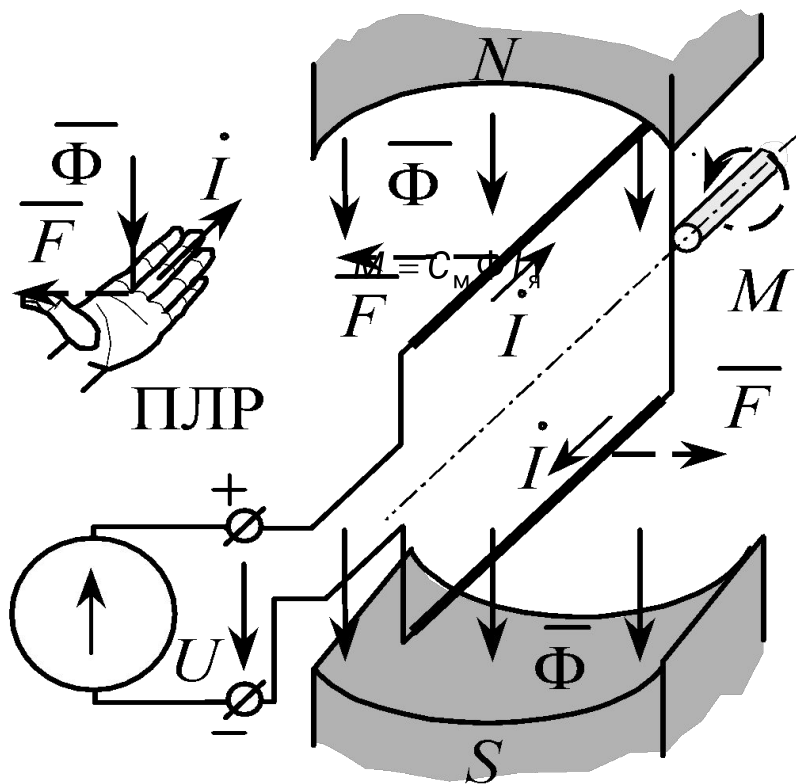


Смешанное

Условно-логическая схема двигателя постоянного тока



Принцип действия и вращающий момент двигателя постоянного тока



- **Принцип действия ДПТ.**
- От источника постоянного напряжения U в рамку подается ток I . По правилу левой руки (ПЛР) на активные проводники (утолщенные линии) действует пара сил
- $F = BIl,$
- где B – магнитная индукция, l – длина проводника, I – ток в нем), создающая электромагнитный вращающий момент M .
- **Вращающий момент M двигателя создается электромагнитными силами, действующими на все проводники обмотки якоря.**
- $M = F D_{\text{я}} / 2 = B l I \alpha D_{\text{я}} N / (2a^2)$
- где $D_{\text{я}} = 2r$ – диаметр якоря, α – полюсное деление, N – число проводников якоря, a – число параллельных ветвей
- $M = r N I \alpha \Phi / (2\pi a) = C_m I \alpha \Phi$, где
- $C_m = r N \alpha / (2\pi a)$ – постоянная момента

$$M = C_m \Phi I_{\text{я}}$$

Электродвижущая сила якоря

- При вращении рамки активные проводники пересекают силовые линии потока Φ
- и в них по закону электромагнитной индукции наводятся ЭДС, направления которых определяются по правилу правой руки (ППР). Т. к. ЭДС направлены против тока $I_{я}$ они называются **противо-ЭДС**. Согласно правилу Ленца: ЭДС действуют против причины, их вызвавшей, т. е. против тока I .

ЭДС якоря индуцируется в обмотке якоря магнитным потоком возбуждения и измеряется между разнополярными щетками.

$$E = BLvN/(2a) \text{ где}$$

B – магнитная индукция, L – длина проводника якоря в магнитном поле, N – число проводников в обмотке якоря, a – число пар параллельных ветвей,

v – линейная скорость якоря, τ – полюсное деление

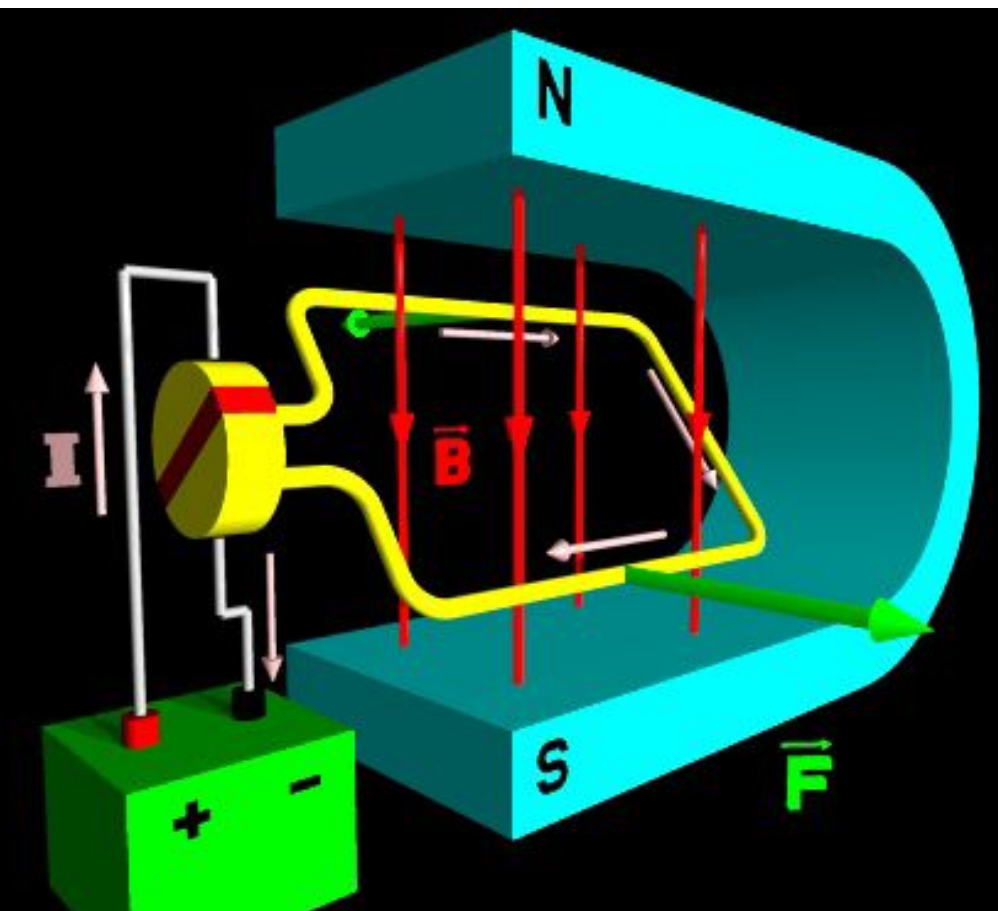
$$v = \pi D_{я} n / 60; \quad v = 2\pi r n / 60$$

$$E = (pN / (60a)) n BL, \text{ где}$$

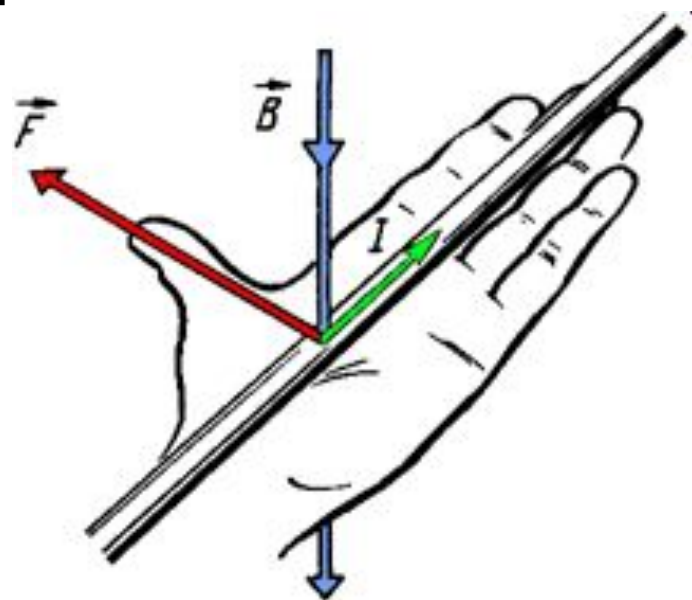
$BL = \Phi$ – магнитный поток, $pN / (60a) = c_e = \text{const}$, n – частота вращения якоря

$$E \equiv c_e n \Phi$$

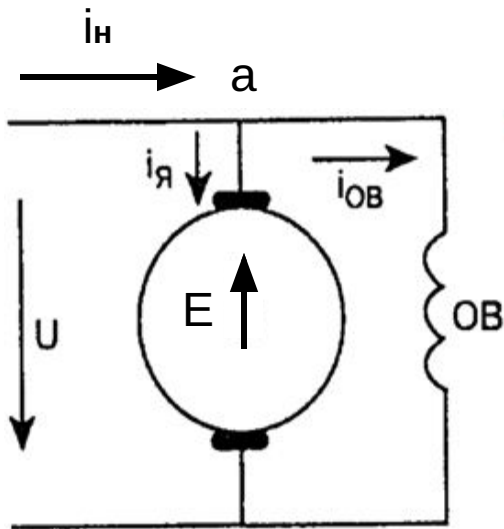
Простейший двигатель постоянного тока



Направление действия силы на рамку с током в магнитном поле определяется правилом левой руки



Уравнения ЭДС и тока якоря



По второму закону КИРХГОФА для цепи якоря:

$$U = I_{я} R_{я} + E$$

Ток якоря

Сопротивление якоря

Противо-ЭДС якоря возникает в ОЯ и направлена навстречу току якоря.

По первому закону КИРХГОФА для узловой точки «а»

$$I_n = I_{я} + I_{об}$$



Основные формулы двигателя постоянного тока

U – напряжение сети; Φ – магнитный поток; M – вращающий момент;
 $I_{я}$ – ток якоря; n – частота вращения якоря; C_e , C_m – соответственно
 постоянные ЭДС и момента

$$U = C_e \Phi n + R_{я} I_{я} \implies I_{я} = (U - C_e \Phi n) / R_{я}$$

Напряжение
сети

Магнитный
поток

Ток
якоря

Полное сопротивление
цепи
якоря

$$E = C_e \Phi n \implies n = (U - R_{я} I_{я}) / C_e \Phi$$

Противо-
ЭДС

Постоянная

Частота
вращения

$$M = C_m \Phi I_{я} \implies n = (U / C_e \Phi) - (R_{я} M / C_e C_m \Phi^2)$$

Момент

Уравнение механической
характеристики

Пуск двигателя постоянного тока

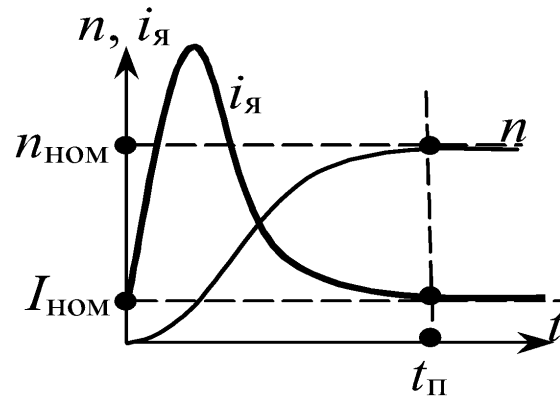
В момент пуска якорь двигателя неподвижен ($n = 0$), поэтому отсутствует противоЭДС ($E = C_e \Phi n = 0$).

Из уравнения якорной цепи видно, что пусковой ток якоря $I_{я.п} = U_{ном} / R_{я}$ ограничен только сопротивлением

обмотки якоря $R_{я}$. Поскольку $R_{я}$ мало (особенно у ДПТ средней и большой мощности), то пусковой ток

велик и превышает номинальное значение в десятки раз. Время пуска $t_{п}$ длится десятые доли секунды

у маломощных двигателей (менее 1 кВт) и достигает нескольких десятков секунд у мощных.

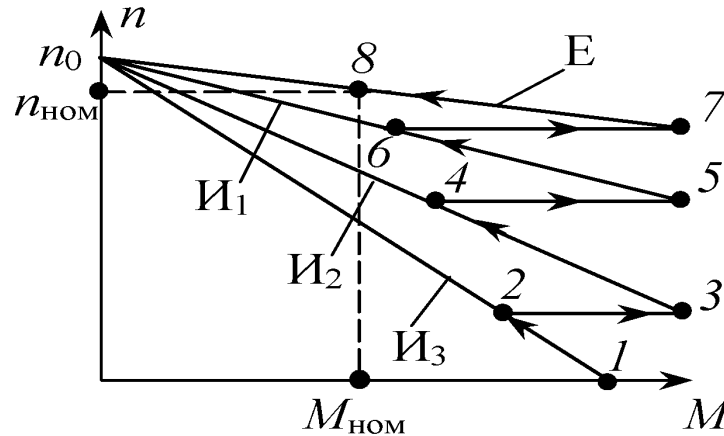


Существуют три способа пуска:

1) **Прямой пуск** применяют только для маломощных двигателей, у которых $I_{я.п}$ не превышает $(4 \div 6)I_{ном}$.

2) **Применение пускового реостата**; Пусковой реостат R_p включают последовательно с обмоткой якоря. В момент пуска R_p вводится полностью. Тогда

$$I_{я.п} = \frac{U_{ном}}{R_{я} + R_{п}}$$

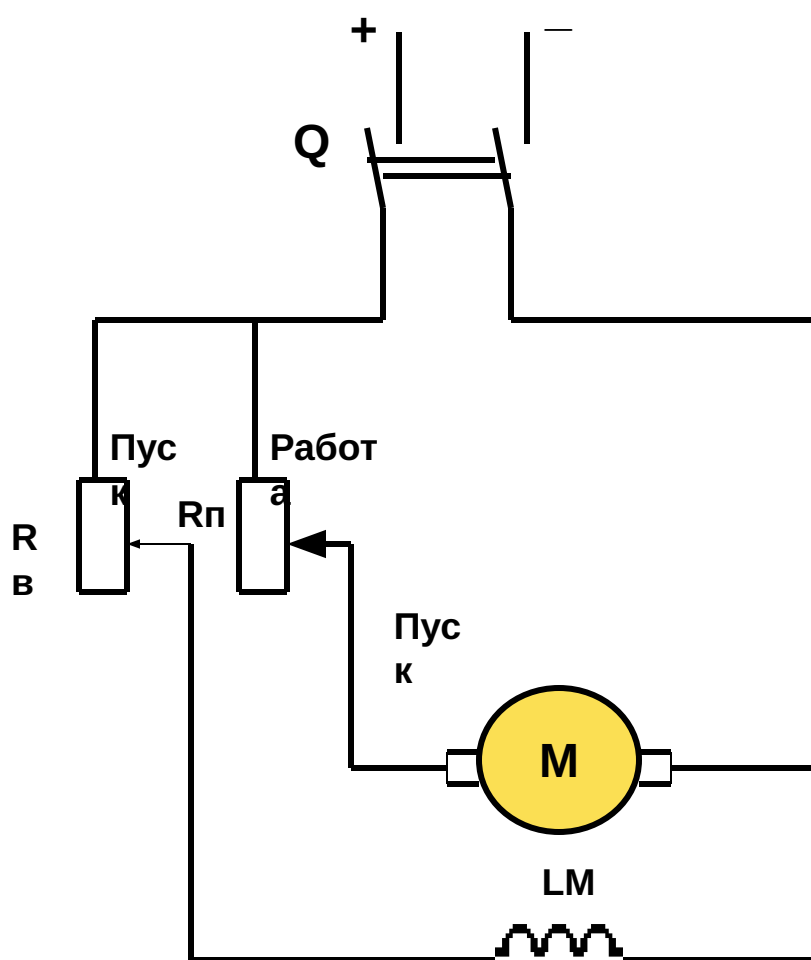


Сопротивление реостата R_p рассчитывают так, чтобы для машин средней и большой мощности обеспечить $I_{п} = (1,4 \div 1,8)I_{ном}$, а для машин малой $I_{п} = (2 \div 2,5)I_{ном}$. Обычно по мере разгона двигателя сопротивление R_p ступенчато выводят до нуля..

Снижение пускового тока снижает и пусковой момент $M_{п}$, что ведет к затяжке пуска или даже его срыву. Поэтому в начале пуска увеличивают магнитный поток за счет вывода реостата R_p в цепи возбуждения. По мере разгона ДПТ R_p вводят с целью достижения требуемой частоты вращения. Эта мера позволяет двигателю при небольшом пусковом токе развить большой пусковой момент.

3) **Пуск при пониженном напряжении U** позволяет исключить применение пусковых реостатов.

Недостатком этого способа является необходимость в источнике регулируемого напряжения, но этот источник можно также использовать для регулирования частоты вращения.



Пуск ДПТ реостатом в цепи якоря

Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока

Способы регулирования частоты вращения:

1. Изменением напряжения на якоре

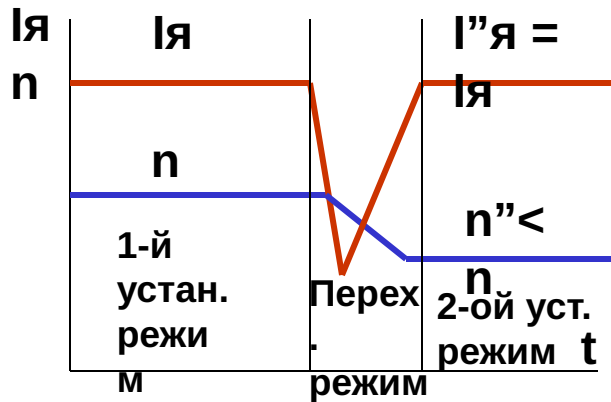
2. Изменением сопротивления якоря: введением реостата в цепь якоря. Влияет только на потери частоты под нагрузкой. Не экономично – потери на реостате.

$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R_{я} M}{C_E C_M \Phi^2}$$



3. Изменением величины магнитного потока возбуждения: введение реостата в цепь обмотки возбуждения. Влияет в большей степени на частоту холостого хода. Наиболее экономично.

Регулирование частоты вращения якоря изменением напряжения



$$n = (U - R_{я}I_{я}) / (c_e \Phi) = U / (c_e \Phi) - R_{я}I_{я} / (c_e \Phi)$$

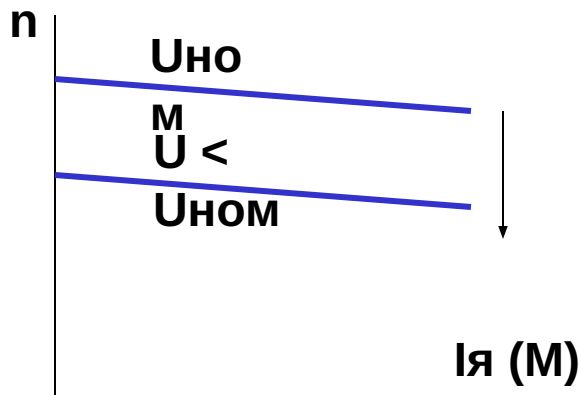
Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

При уменьшении напряжения:

$$U \downarrow I_{я} \downarrow M_{вр} \downarrow < M_c \rightarrow n \downarrow E \downarrow I_{я} \uparrow = I_{я} \text{ при } n'' < n$$

$$\text{КПД} = E I_{я} / (U I_{я}) - \text{не меняется}$$

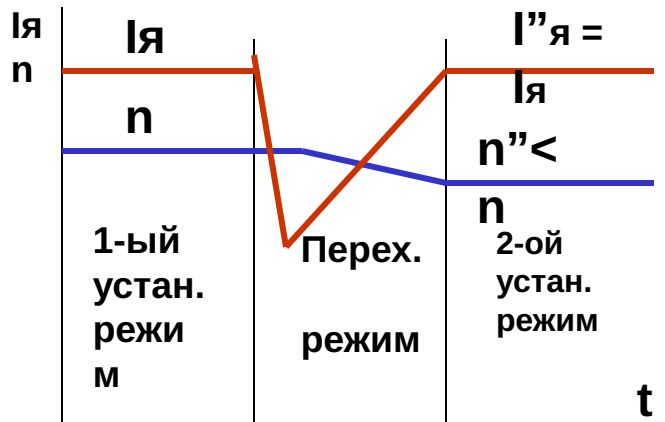


Данный способ применяется в диапазоне регулирования 1:10...1:20 вниз.

Экономичен при $M_c = \text{const}$.

Такую характеристику имеют транспортеры, компрессоры, шнековые машины, элеваторы и др.

Регулирование частоты вращения реостатом в цепи якоря

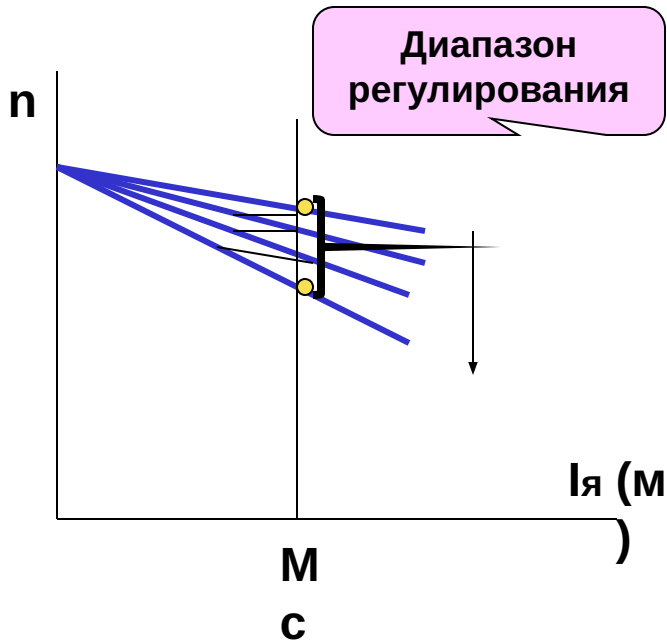


$$n = (U - R_{я}I_{я}) / (c_e\Phi) = U / (c_e\Phi) - R_{я}I_{я} / (c_e\Phi)$$

Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

При введении реостата в цепь якоря

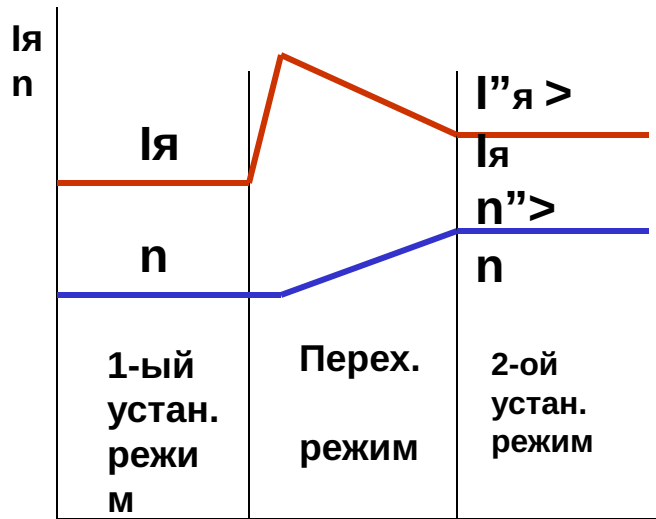


$$R_{я} \uparrow \quad I_{я} \downarrow \quad M_{вр} \downarrow < M_c \rightarrow n \downarrow \quad E \downarrow \quad I_{я}' \uparrow = I_{я} \text{ при } n'' < n$$

КПД = $E I_{я} / (U I_{я})$ - уменьшается

Данный способ применяется редко и в ограниченном диапазоне 1:1.5...1:2 ВНИЗ

Регулирование частоты вращения якоря изменением магнитного потока



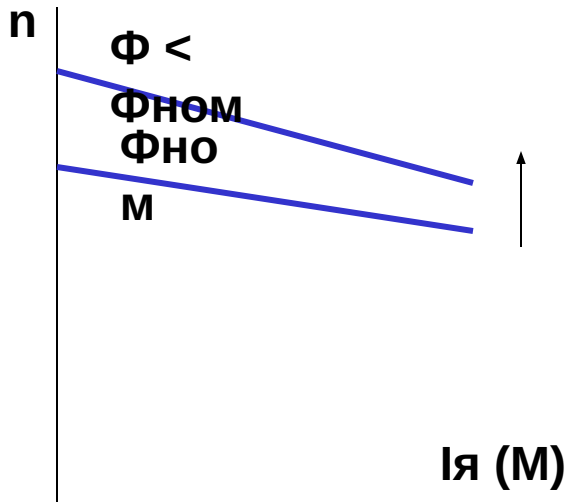
$$n = (U - R_{я} I_{я}) / (c_e \Phi) = U / (c_e \Phi) - R_{я} I_{я} / (c_e \Phi)$$

Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

$$\text{КПД} = E I_{я} / (U I_{я}) - \text{не}$$

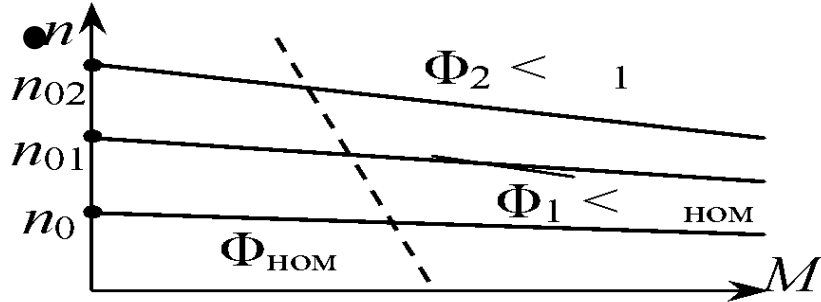
Данный способ применяется в диапазоне регулирования 1:2, а в спец. исполнении 1:6. Экономичность связана с характером изменения M_c . При ум. магнитного потока уменьшается $M_{вр}$. При $M_c = \text{const}$ для сохранения равенства моментов должен возрасти ток якоря. Следовательно, двигатель полностью загруженный при n_{max} окажется недогруженным при n_{min} , и двигатель надо выбирать с двойным запасом мощности, что неэкономично. Если же M_c механизма убывает с возрастанием скорости, мощность на валу двигателя остается неизменной во всем диапазоне изменения n (токарные станки, накаточные устройства каландра и др).



$\Phi \uparrow \quad I_{я} \uparrow \quad M_{вр} > M_c \rightarrow n \uparrow \quad E \uparrow \quad I''_{я} > I_{я} \quad \text{при}$

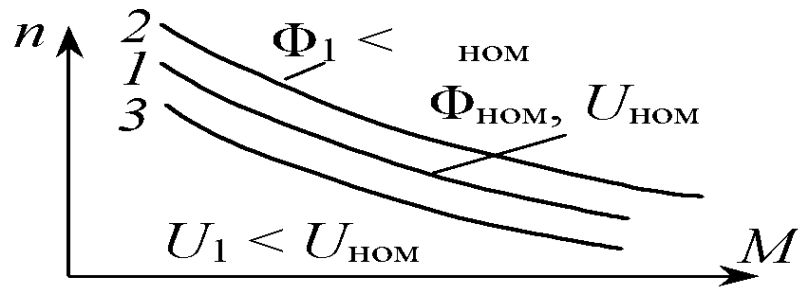
Изменение механических характеристик при регулировании частоты вращения якоря

- а** – Φ (параллельное возбуждение);
- б** – Φ или U якоря (последовательное возбуждение);
- в** – U якоря (независимое возбуждение)

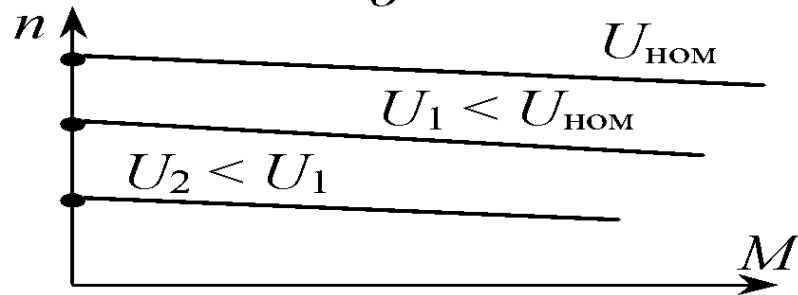


а

Все способы регулирования частоты вращения ДПТ плавные



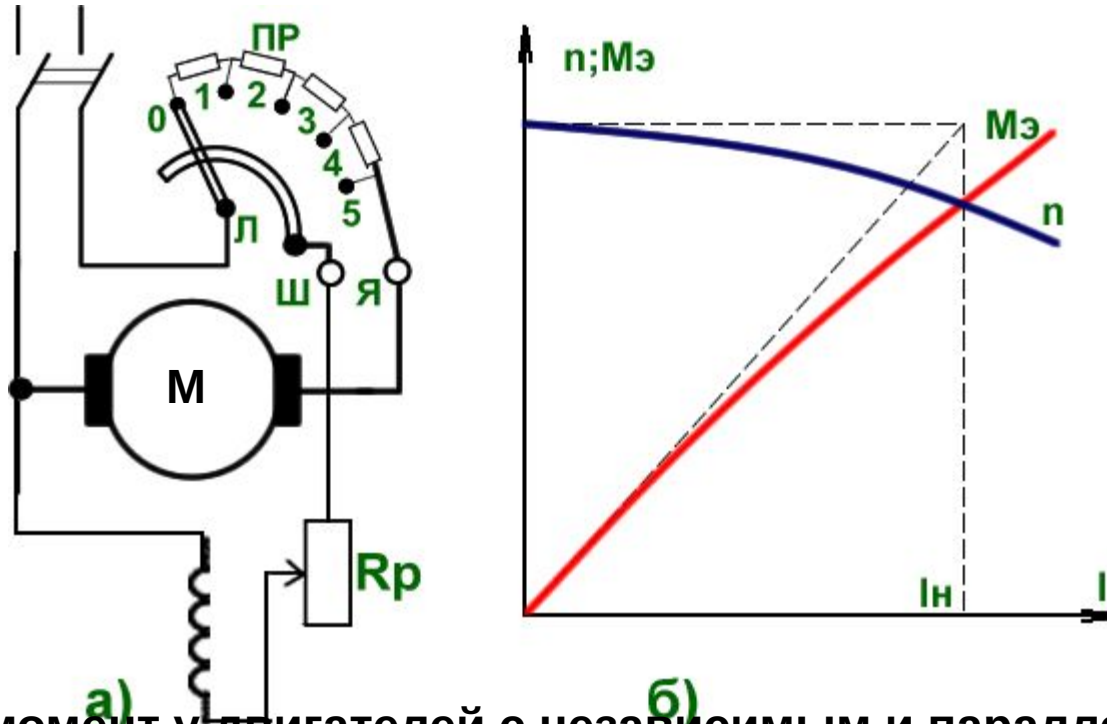
б



в

Схема (а) и характеристики ДПТ с параллельным возбуждением

- Моментная характеристика – $Mэ = f(Iя)$; Механическая характеристика $n = f(Iя)$;
- ПР – пуско-регулирующий реостат Rp – реостат в цепи возбуждения



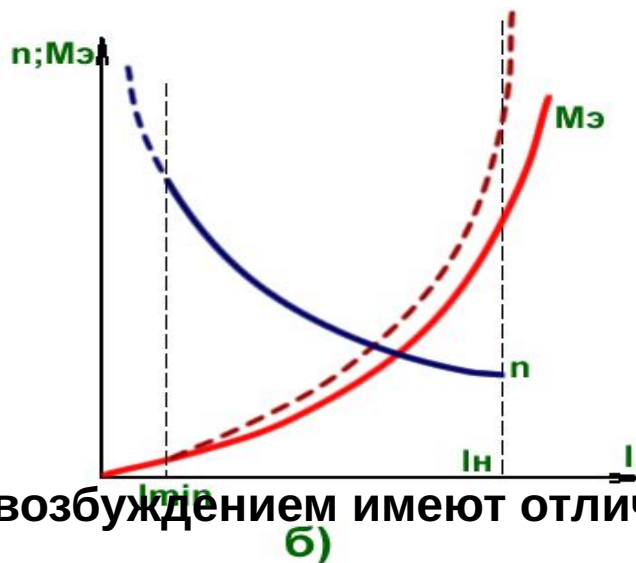
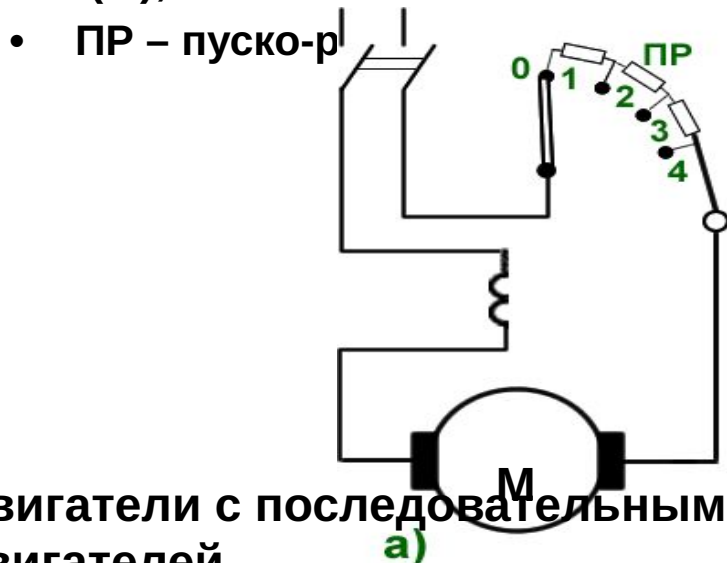
Вращающий момент у двигателей с независимым и параллельным возбуждением

с увеличением нагрузки может как расти, так и уменьшаться, поскольку с ростом потребляемого тока I и размагничивания полюсов (реакция якоря), уменьшается магнитный поток Φ .

$$M = C_M \cdot \Phi \cdot I_{Я}$$

Схема (а) и характеристики (б) ДПТ с последовательным возбуждением

- Моментная характеристика – $Mэ = f(Iя)$; Механическая характеристика $n = f(Iя)$;



Двигатели с последовательным возбуждением имеют отличные от двигателей

независимого, параллельного и смешанного возбуждения характеристики. Магнитный поток в машине создается обмоткой возбуждения, включенной

последовательно с обмоткой якоря.

Следовательно, $I_B = I_A$ и выражение для вращающего момента будет иметь вид:

$$M = C'_M I_e I_a = C'_M I_a^2.$$

Таким образом, чем больше нагрузка на двигатель, тем большим будет вращающий момент. Это обстоятельство делает двигатель с последовательным возбуждением незаменимым на электротранспорте (трамвае, троллейбусе и т.д.).

Формула момента двигателя постоянного тока:

$$M = C_M \Phi I_a$$

где C_M - коэффициент пропорциональности.

Вращающий момент у двигателей с независимым и параллельным возбуждением

с увеличением нагрузки может как расти, так и уменьшаться, поскольку с ростом потребляемого тока I и размагничивания полюсов, уменьшается магнитный поток Φ .

Двигатели с последовательным возбуждением имеют отличные от двигателей

независимого, параллельного и смешанного возбуждения характеристики.

Из схемы рис. б, видно, что магнитный поток в машине создается обмоткой

возбуждения, включенной последовательно с обмоткой якоря.

Следовательно, $I_e = I_a$ и выражение для вращающего момента будет иметь вид:

$$M = C_M I_e I_a = C_M I_a^2$$

большим будет вращающий момент. Это обстоятельство делает двигатель с

последовательным возбуждением незаменимым на электротранспорте (трамвае,

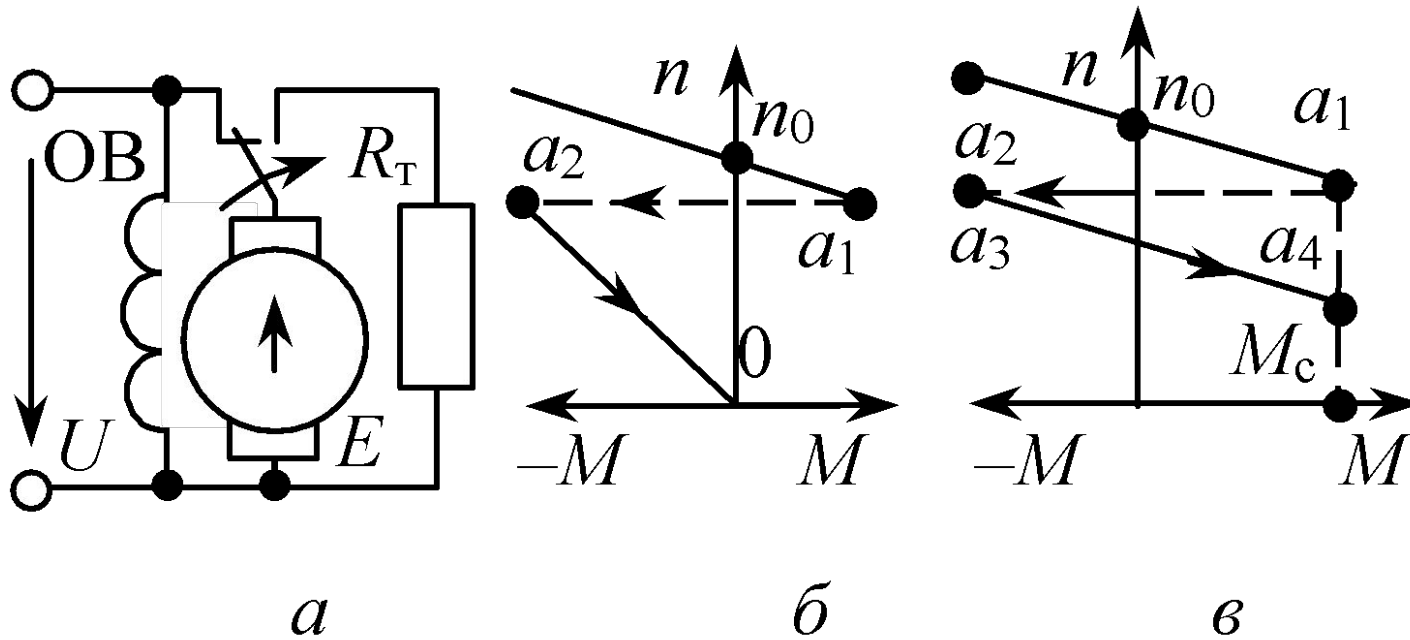
троллейбусе и т.д.).

Реверсирование или изменение направления вращения двигателей постоянного

тока может осуществляться изменением полярности тока либо в обмотке

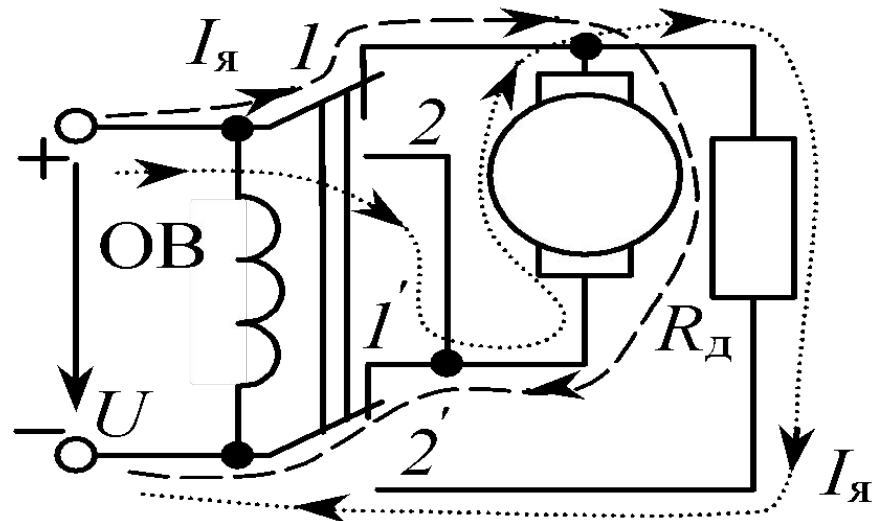
Способы торможения двигателей постоянного тока

Торможение ДПТ осуществляется тремя способами: динамическое, генераторное (рекуперативное), противовключением

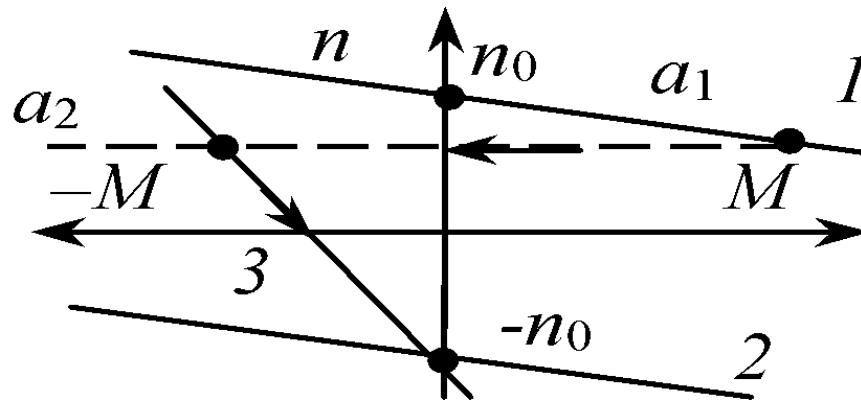


- **Схема (а) и диаграмма :**
- **(б) - динамического торможения,**
- **(в) - диаграмма рекуперативного торможения**

Схема (а) и диаграмма (б) торможения противовключением



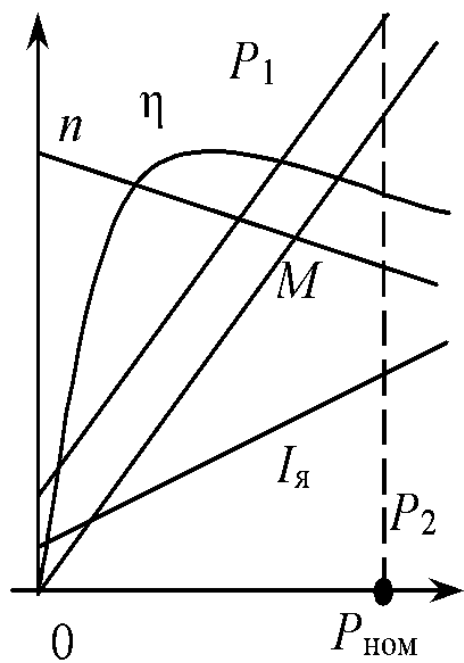
а



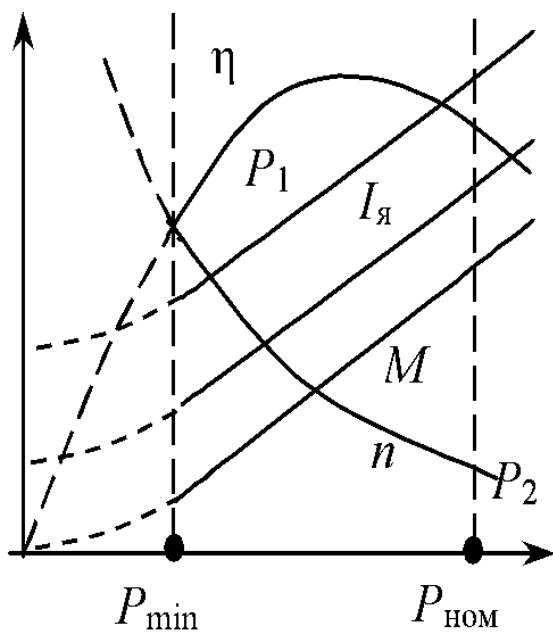
б

**Реверсирование или изменение
направления
вращения якоря двигателей постоянного тока
может
осуществляться изменением полярности тока
либо
в обмотке якоря, либо в обмотке возбуждения.**

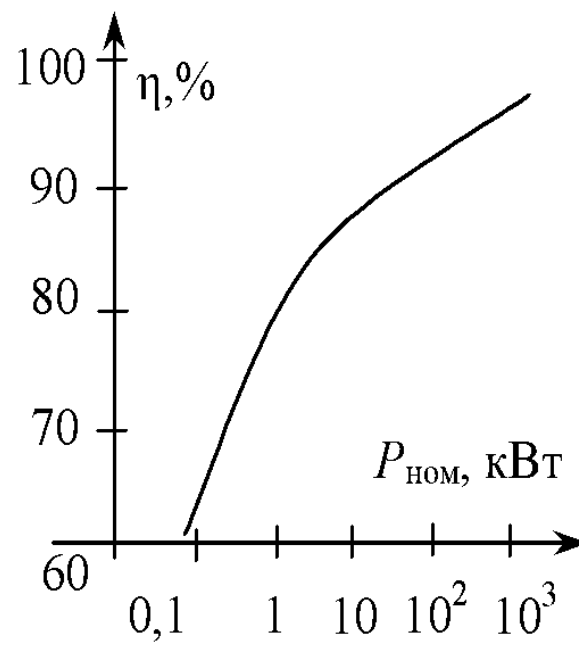
Рабочие характеристики и КПД двигателей постоянного тока



a



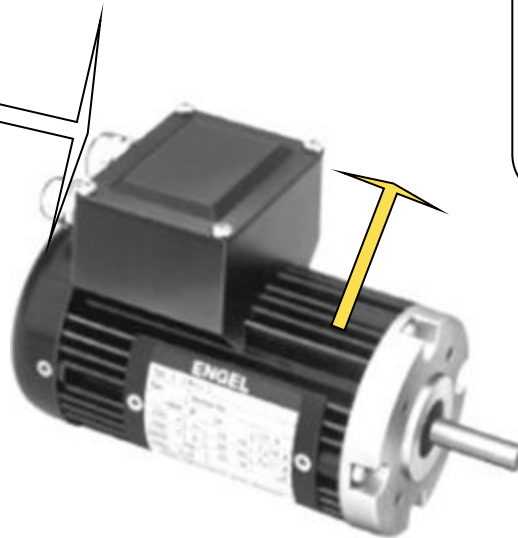
б



в

Коэффициент полезного действия двигателей постоянного тока

$P_{\text{потр}} - P_1$ -
потребляемая
электрическая
мощность от
источника, Вт

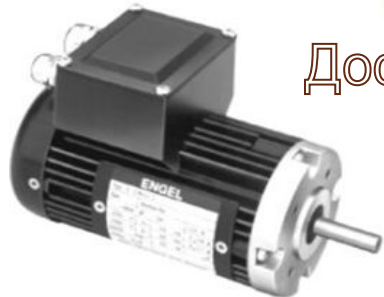


$P_{\text{потерь}}$ - потери электрической
энергии в обмотке якоря ($P_{\text{я}}$),
возбуждения ($P_{\text{в}}$), механические
потери ($P_{\text{мех}}$), Вт

$P_{\text{полезн}}$ (или $P_{\text{н}}$, P_2) -
полезная механическая
мощность на валу
двигателя, Вт

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_{\text{полезная}} = P_1 - P_{\text{потерь}}$$



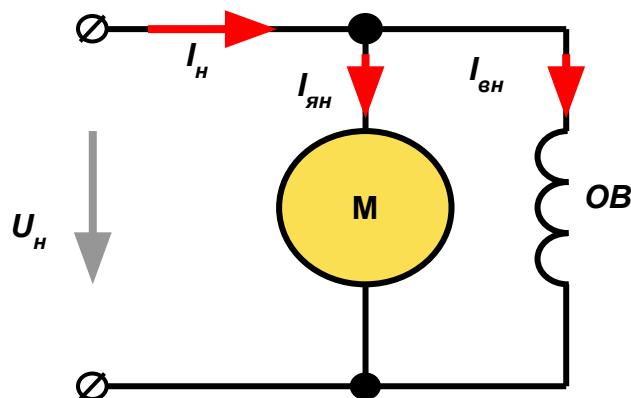
Достоинства и недостатки двигателей постоянного тока

 Достоинства	 Недостатки
1. Значительный пусковой момент M_p	1. Искрение в коллекторно-щеточном узле
2. Регулирование частоты вращения плавное и в широком диапазоне	2. Износ щеток и коллектора
3. Линейность механической характеристики	3. Малый срок службы
4. Устойчивость работы	4. Необходимость частого технического обслуживания

Задачи

1. ДПТ с **параллельным** возбуждением имеет паспортные данные: напряжение питания U_H , полезная мощность P_{2H} , частота вращения n_H , КПД η_H , сопротивление ОВ R_B и номинальный ток I_H .

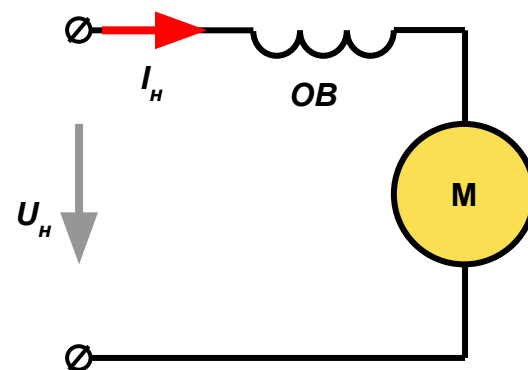
U_H , В	P_{2H} , кВт Т	n_H , об/мин	η_H	R_B , Ом	I_H , А
220	2,8	3000	0,855	190	14,9



Найти:
 Номинальную потребляемую мощность $P_{потр}$, Вт;
 Номинальные токи в ОВ, $I_{вн}$, А;
 Номинальный ток в ОЯ, $I_{ян}$, А;
 Номинальный момент, M_H , Нм;
 Номинальную угловую частоту вращения ω_H рад/сек;
 Суммарные потери двигателе, $P_{потерь}$, Вт

2. ДПТ с **последовательным** возбуждением имеет паспортные данные: напряжение питания U_H , полезная мощность P_{2H} , частота вращения n_H , КПД η_H , сопротивление ОВ R_B и номинальный ток I_H .

U_H , В	P_{2H} , кВт	n_H , об/мин	η_H
220	2,8	3000	0,855

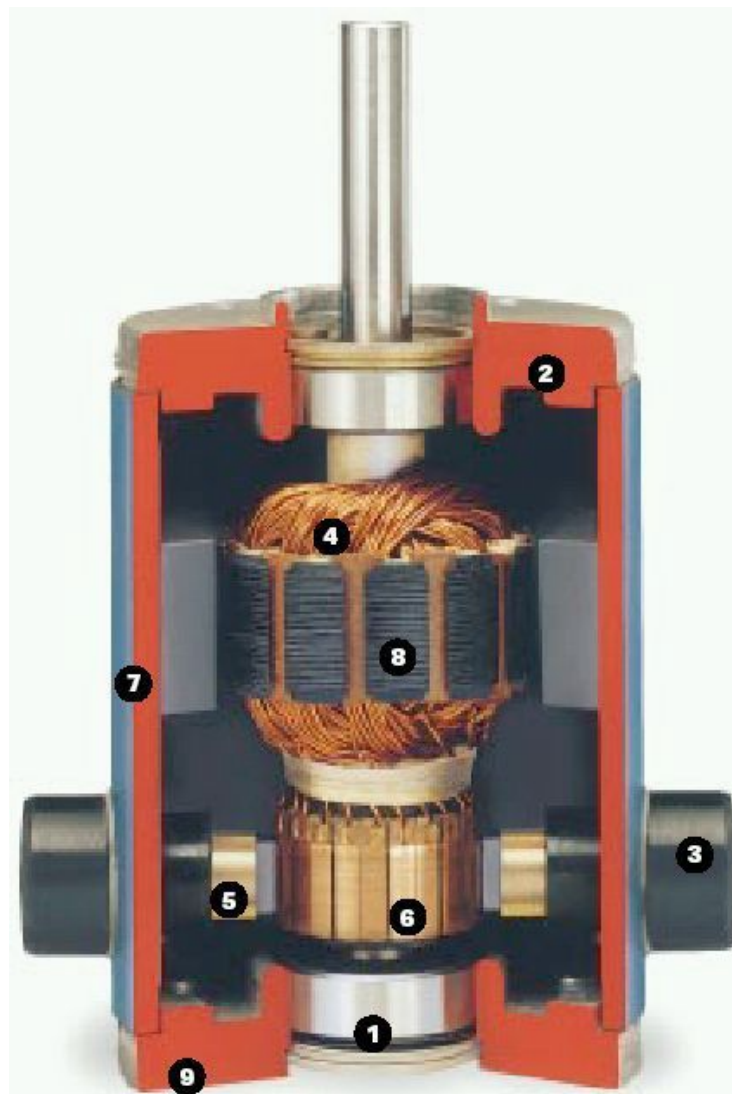


Найти:
 Номинальную потребляемую мощность $P_{потр}$, Вт;
 Номинальный ток, I_H , А;
 Номинальный момент, M_H , Нм;
 Номинальную угловую частоту вращения ω_H рад/сек;
 Суммарные потери двигателе, $P_{потерь}$, Вт

Контрольные вопросы

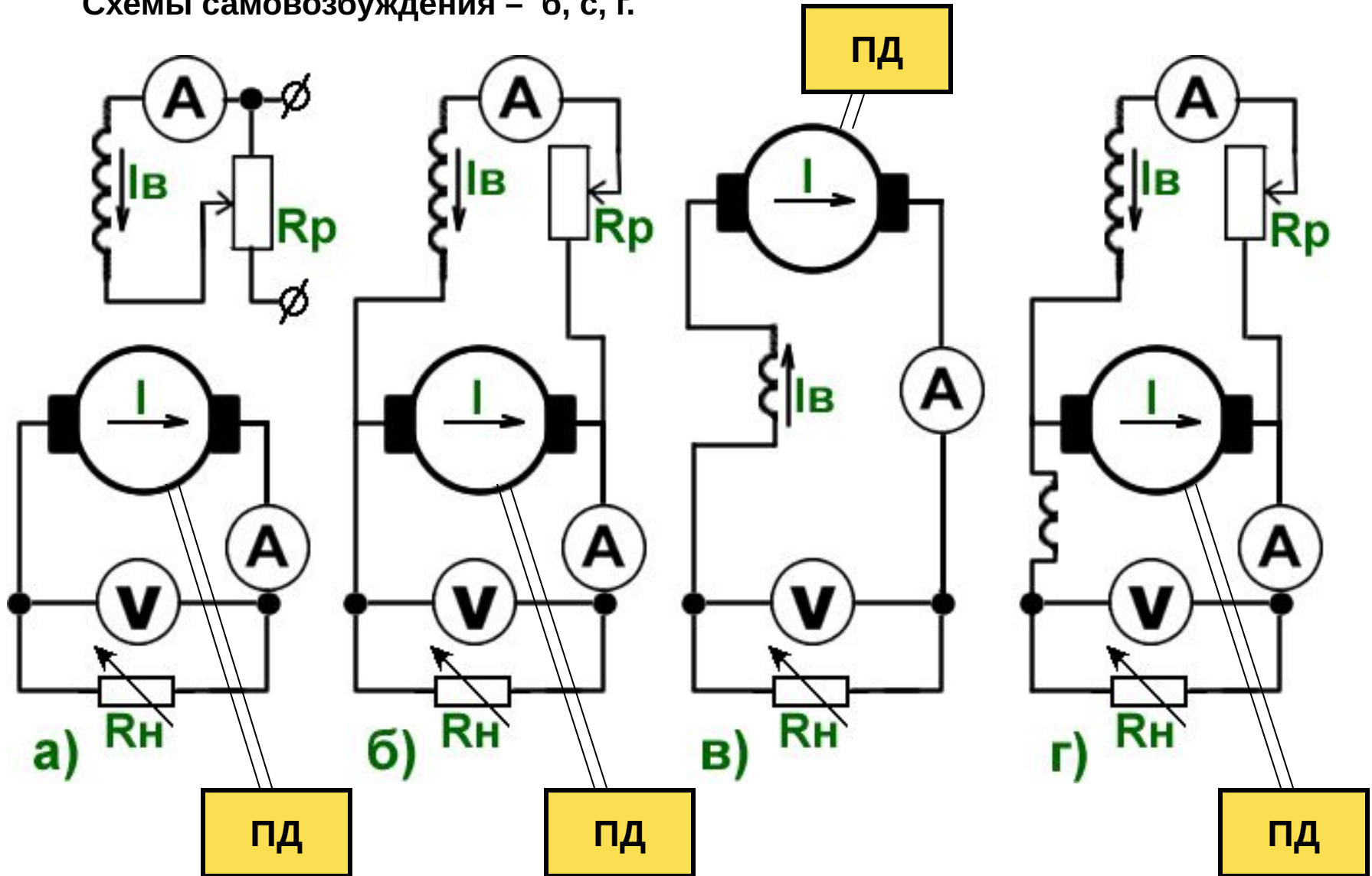
1. **Что такое режим холостого хода и короткого замыкания для двигателя постоянного тока?**
2. **Какие функции выполняет коллектор и щетки двигателя постоянного тока?**
3. **Что такое механическая характеристика, рабочие характеристики?**
4. **Способы возбуждения двигателя постоянного тока**
5. **На какие процессы расходуется потребляемая двигателем постоянного тока мощность?**
6. **Перечислить основные элементы и узлы двигателя постоянного тока**
7. **Охарактеризовать величины входящие в уравнение механической характеристики двигателя постоянного тока.**
8. **Двигатель постоянного тока какого возбуждения идет «вразнос» при уменьшении нагрузки?**
9. **Что такое и чем характеризуется номинальный режим работы двигателя постоянного тока?**
10. **Что такое искусственные механические характеристики двигателя постоянного тока?**

Генератор постоянного тока в разрезе



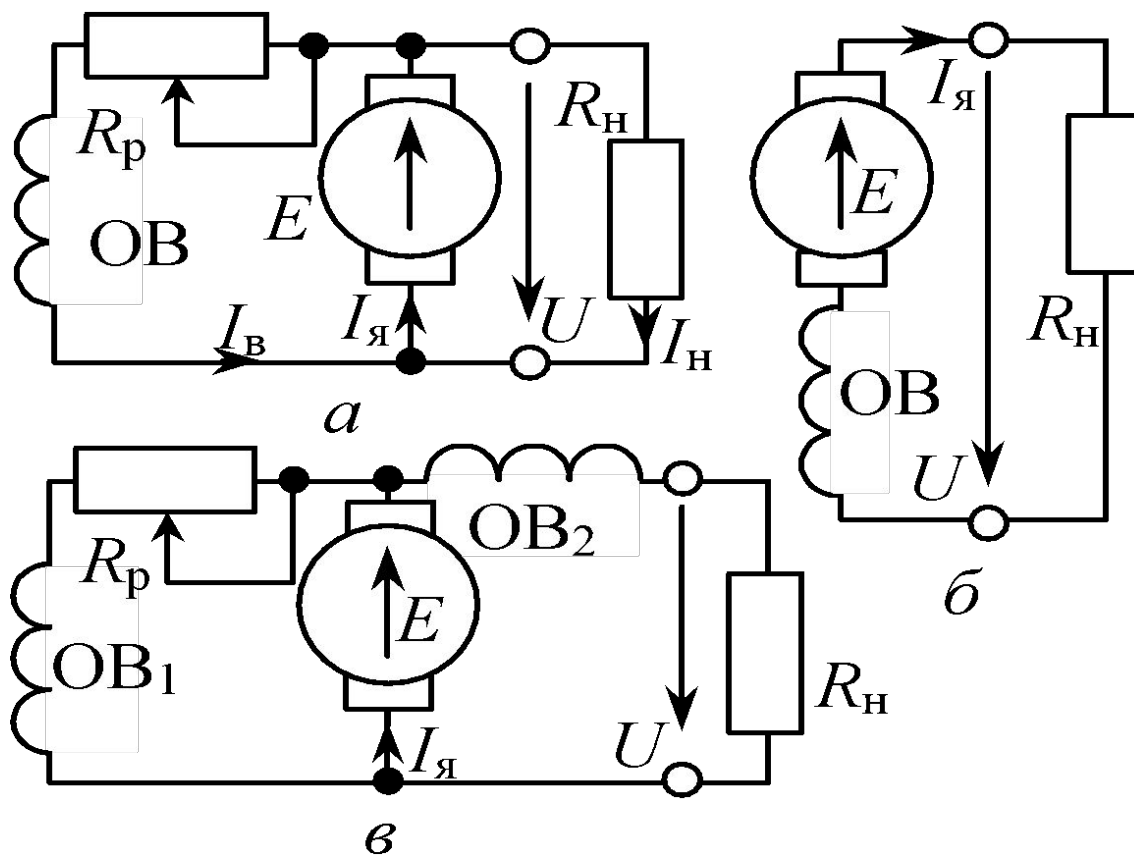
Способы возбуждения генераторов постоянного тока

а – независимое возбуждение ; б – параллельное возбуждение;
в – последовательное возбуждение; г- -смешанное возбуждение.
Схемы самовозбуждения – б, с, г.

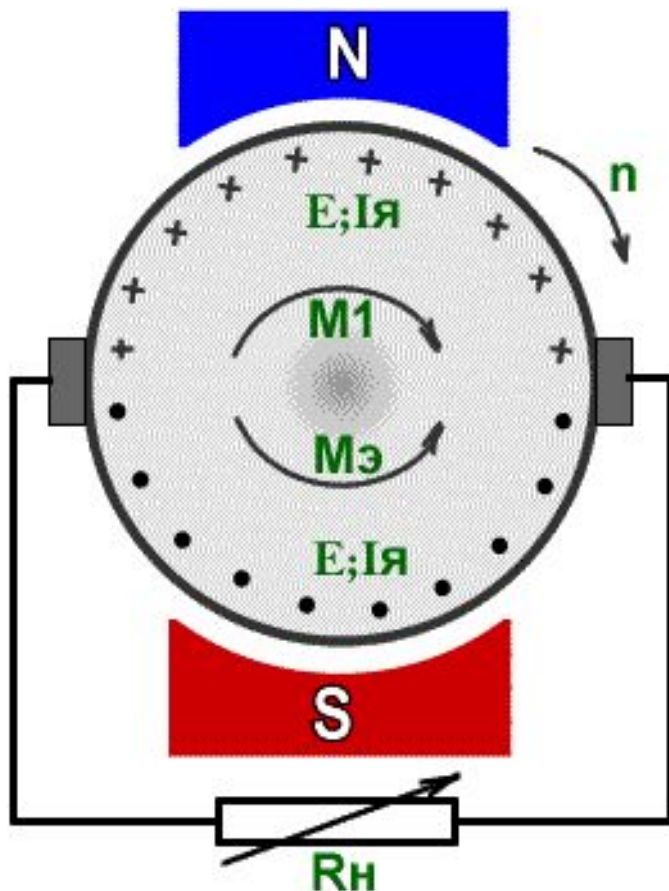


Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока

1. Нагрузка отключена;
2. Наличие остаточного магнитного потока Φ ;
3. Однонаправленность остаточного магнитного потока и потока возбуждения;
4. Сопротивление цепи возбуждения $R_p < R_p \text{ кр.}$

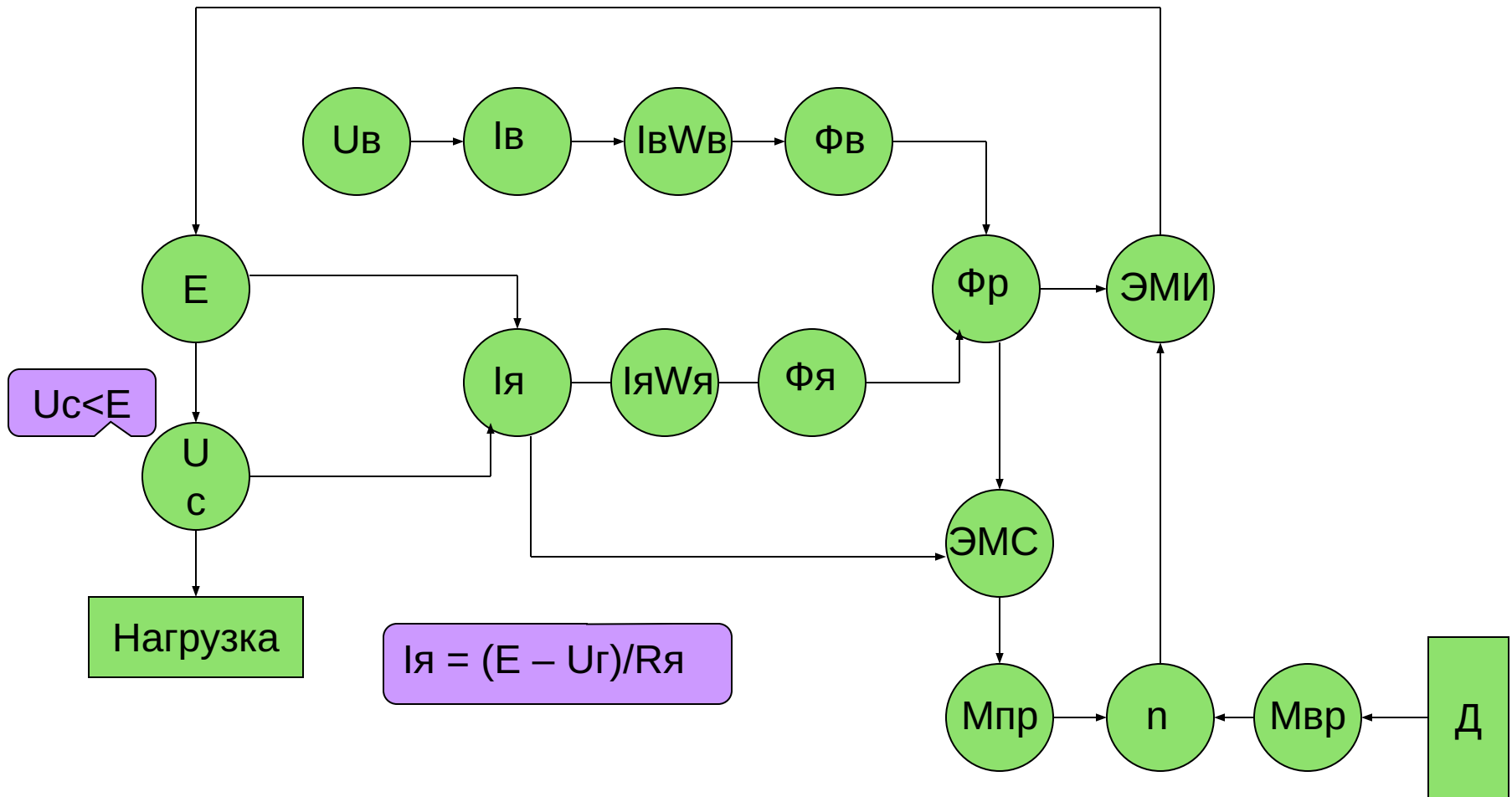


Принцип работы генератора постоянного тока



- Якорь генератора приводится во вращение приводным двигателем, развивающим вращающий момент M_1 . Якорь генератора начинает вращаться с частотой вращения приводного двигателя n . При перемещении проводников обмотки якоря в магнитном потоке полюсов в них индуцируется ЭДС $E = C_e n \Phi$, направление которой определяется по правилу правой руки. При замыкании обмотки якоря на нагрузку R_n в цепи якоря будет протекать ток I_a , направление которого совпадает с направлением ЭДС E . При взаимодействии тока I_a с магнитным полем полюсов создаётся электромагнитный момент $M_э$ (тормозной),

Условно-логическая схема работы генератора постоянного тока



Уравнения ЭДС и токов генератора постоянного тока

В установившемся режиме электрическая схема замещения генератора имеет вид

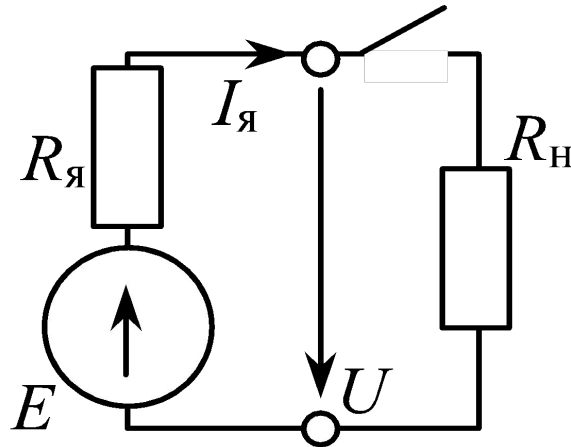


Схема замещения якоря ГПТ

По второму закону Кирхгофа получаем уравнение ЭДС генератора:

$$E = U + I_{я} R_{я}$$

При подключении нагрузки в цепь якоря по обмотке якоря протекает ток $I_{я}$ и

Уравнение токов для ГПТ с параллельным возбуждением имеет вид:

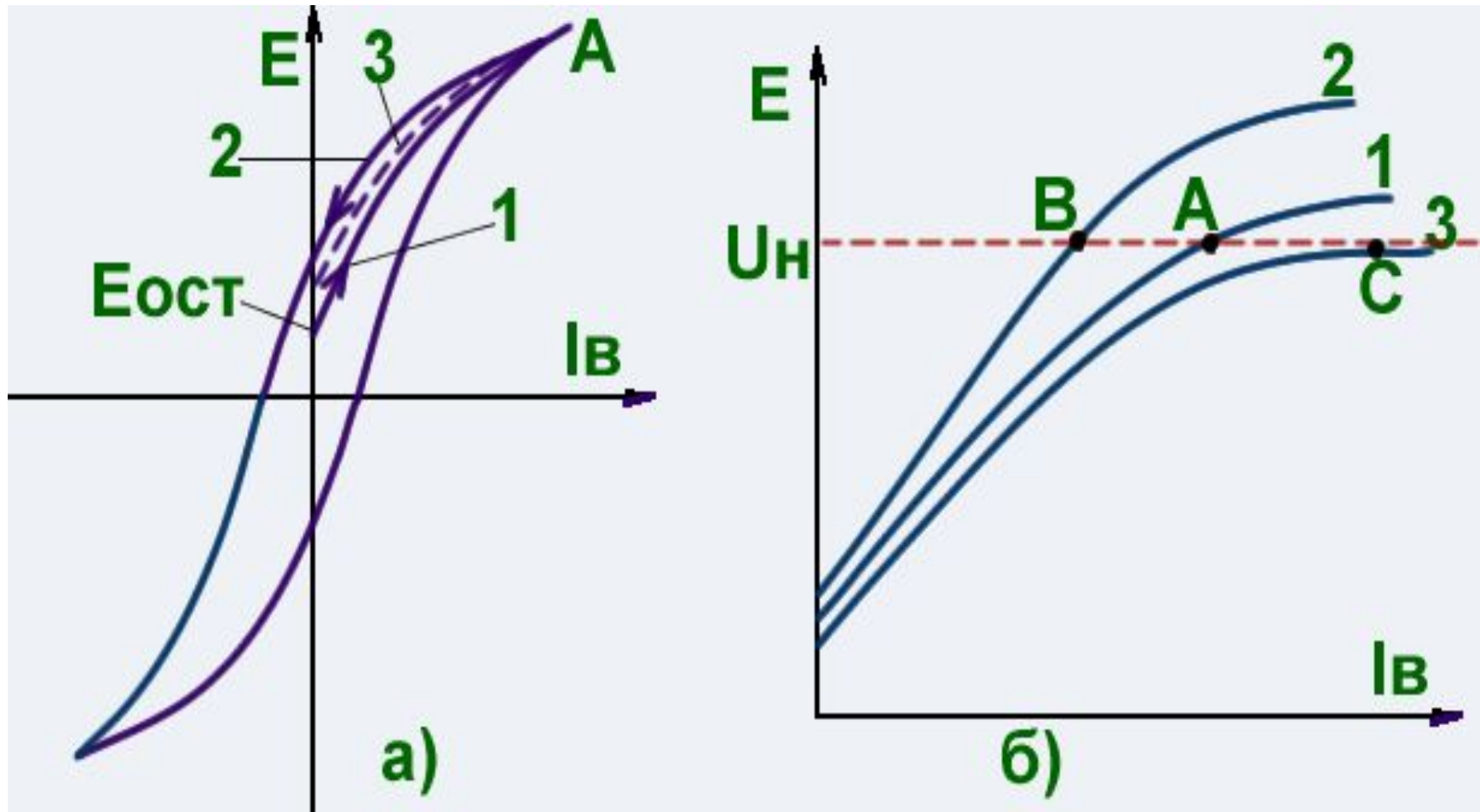
$$I_{я} = I_{н} + I_{в}$$

Характеристики холостого хода $E = f(I_B)$ генератора постоянного тока с

НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Рис.а – при перемагничивании стали; 3 – основная характеристика холостого хода;

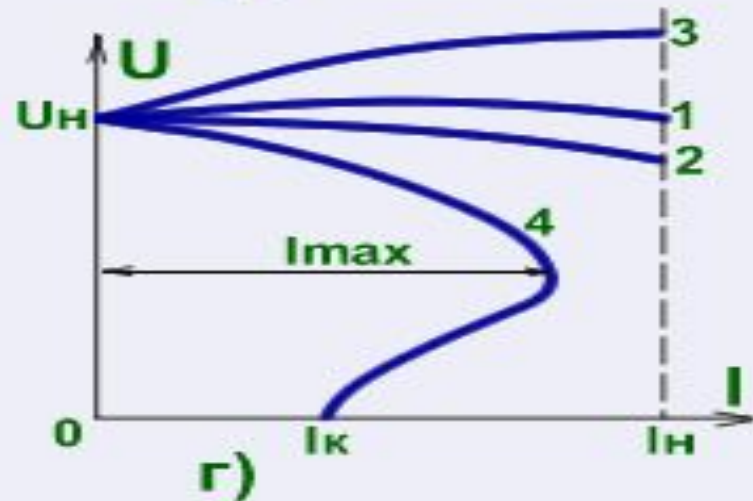
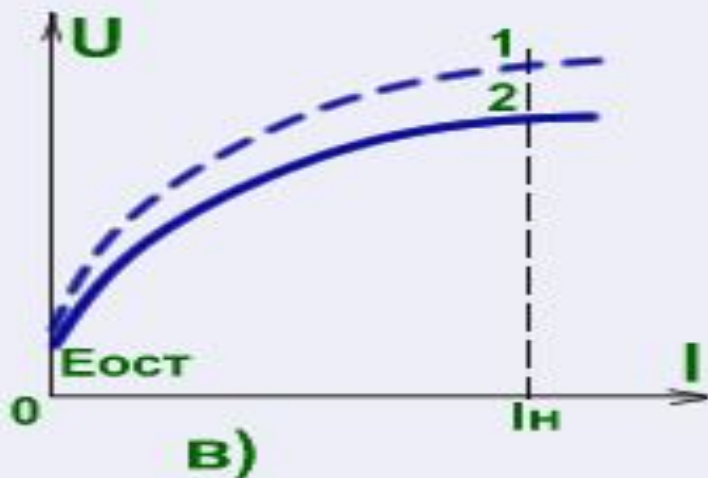
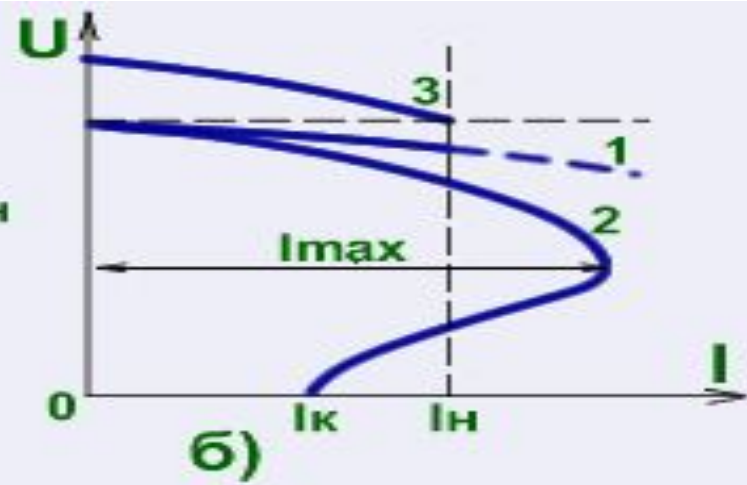
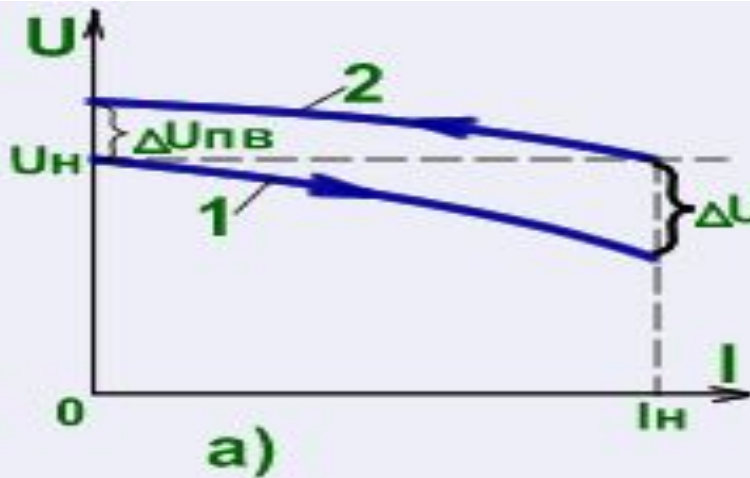
Рис. б – при изменении частоты вращения якоря; 1 – при n ном.; 2 – при $n > n$ ном; 3 – при $n < n$ ном



Внешние характеристики генератора постоянного тока $U = f(I_B)$

с разными способами возбуждения

- а) – $\Delta U_{пн}$ – изменение напряжения ГПТ при изменении нагрузки от номинальной до 0. б) – 1 – ГПТ с независимым возбуждением; 2 – с параллельным; 3 – с повышением напряжения; в) - с последовательным : 1 – изменение ЭДС; 2 – изменение напряжения; г) – со смешанным возбуждением: 1 – нормальное возбуждение; 2 – недовозбуждение; 3 – перевозбуждение; 4 – встречное включение обмоток возбуждения



Задача 9-12.

Определить ток якоря и напряжение генератора с независимым возбуждением для токов возбуждения $I_{\text{в}}$, равных $0,4 \text{ А}$ и $0,2 \text{ А}$. Сопротивление цепи якоря $r_{\text{я}} = 0,6 \text{ Ом}$, нагрузки $r_{\text{н}} = 9,4 \text{ Ом}$. Характеристика холостого хода генератора изображена на рис.

9.12. Указать неверный ответ.

Для $I_{\text{в}} = 0,4 \text{ А}$: 1) $I_{\text{я}} = 14 \text{ А}$. 2) $U_{\text{я}} = 131,6 \text{ В}$.

Для $I_{\text{в}} = 0,2 \text{ А}$: 3) $I_{\text{я}} = 12 \text{ А}$. 4) $U_{\text{я}} = 102,8 \text{ В}$.

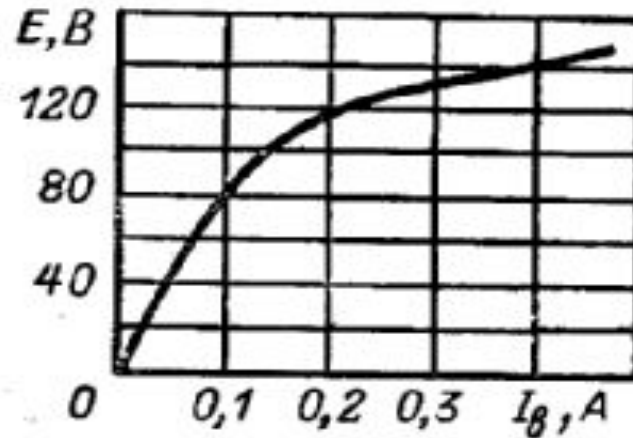


Рис. 9.12

Решение 9-12.

Электродвижущую силу генератора определяем по характеристике холостого хода рис.9.12:

а) при $I_B = 0,4 \text{ А}$ ЭДС $E_a = 140 \text{ В}$;

б) при $I_B = 0,2 \text{ А}$ ЭДС $E_b = 120 \text{ В}$.

Ток якоря определяем по закону Ома:

а) $I_{я,а} = E_a / (r_H + r_я) = 140 / (9,44 + 0,6) = 14 \text{ А}$;

б) $I_{я,б} = E_b / (r_H + r_я) = 120 / (9,4 + 0,6) = 12 \text{ А}$.

Напряжение генератора меньше ЭДС на падение напряжения в обмотке якоря:

а) $U_a = E_a - I_{я,а} r_я = 140 - 14 \cdot 0,6 = 131,6 \text{ В}$;

б) $U_a = E_a - I_{я,а} r_я = 120 - 12 \cdot 0,6 = 112,8 \text{ В}$. Ответ: 4.