



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.

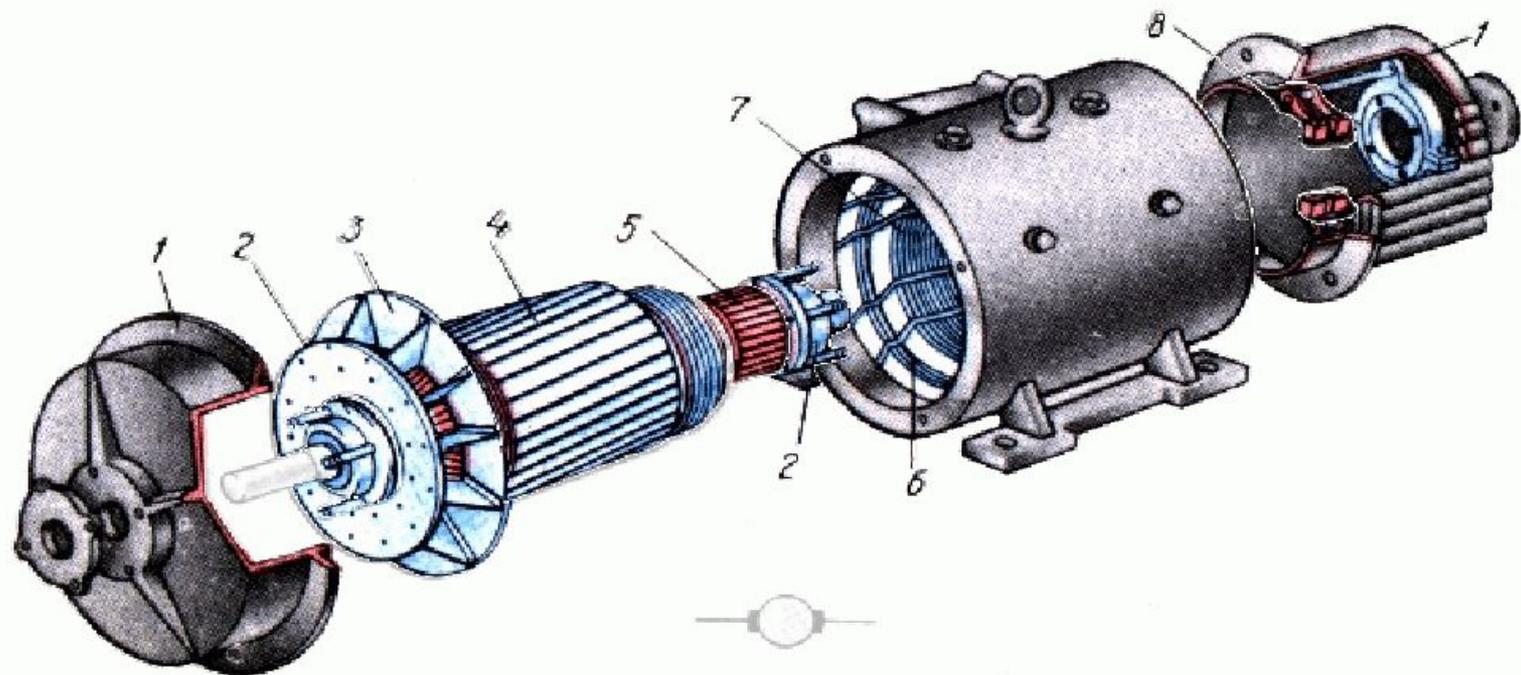
Микромашины имеют частоты вращения от нескольких оборотов до 30 000 об/мин. Двигатели постоянного тока (ДПТ) допускают плавное регулирование частоты вращения и способны развивать большой пусковой момент, благодаря чему они

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.

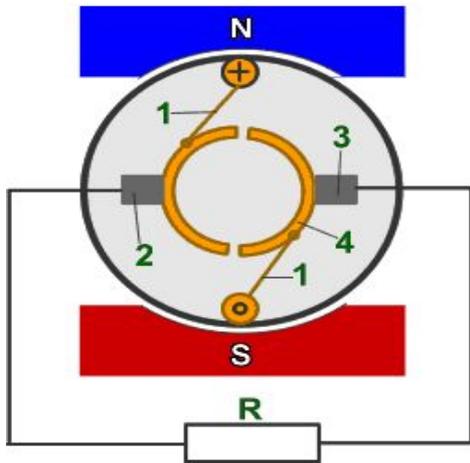
Серьезным недостатком машин постоянного тока является наличие щеточно-коллекторного узла, требующего ухода и снижающего надежность работы

Устройство машины постоянного тока

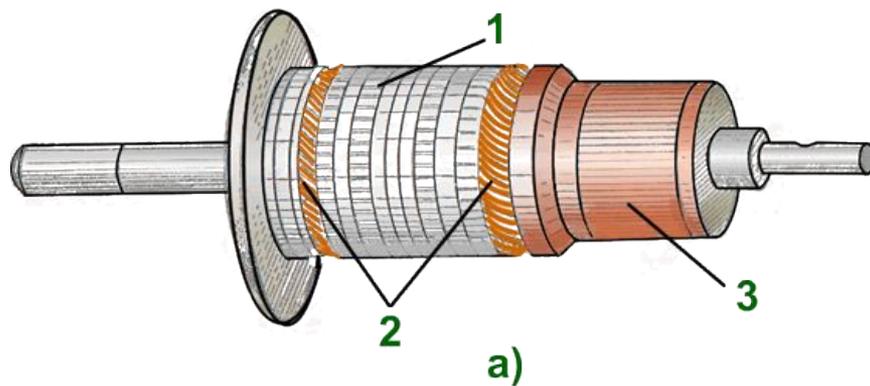


1 – подшипниковый щит, 2 – подшипник, 3 – вентилятор, 4 – якорь, 5 – коллектор; 7 – главный и дополнительный полюсы; 8 – щёткодержатель.

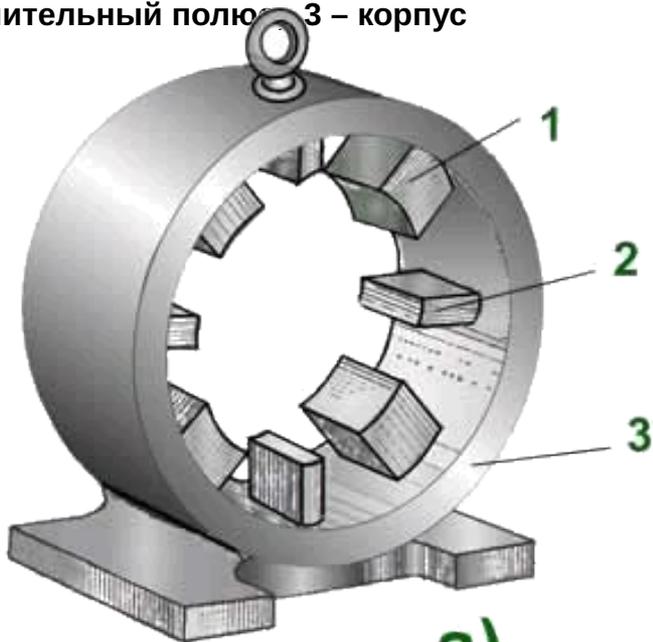
- 1 – виток обмотки якоря; 2, 3 – щётки; 4 – пластина коллектора



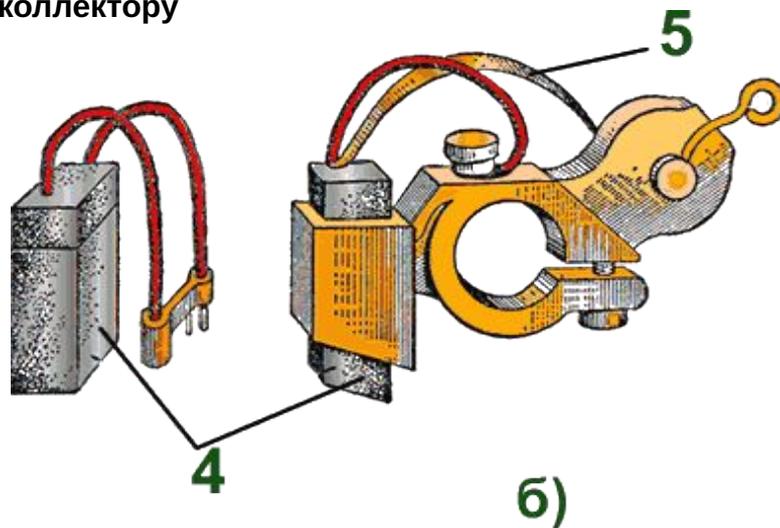
- Устройство якоря: 1 – магнитопровод якоря; 2- обмотка якоря; 3 - коллектор



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

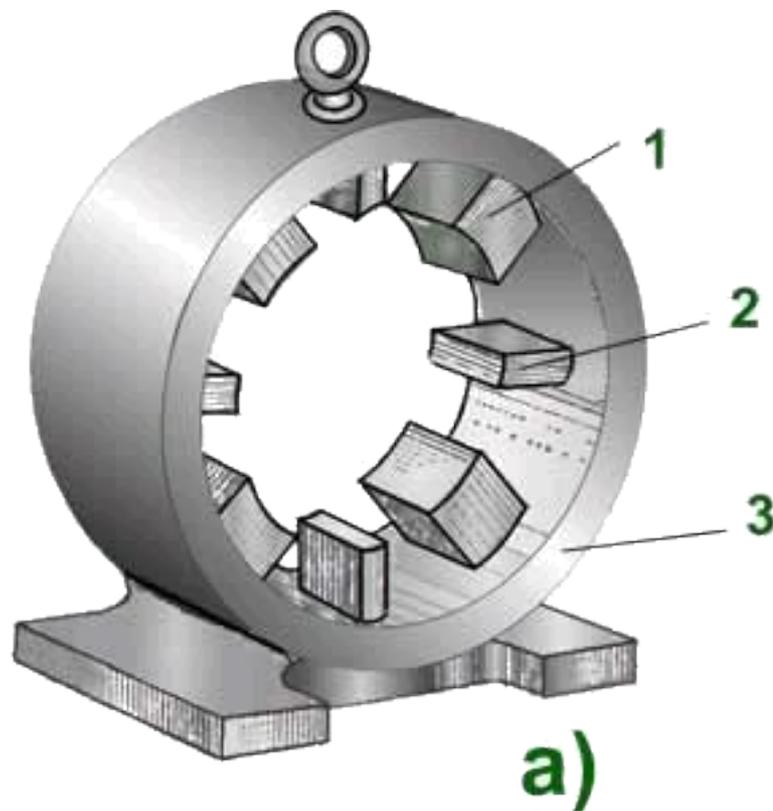


- Щеточное устройство
- 4 – щётки; 5 – пружины, прижимающие щетки к коллектору



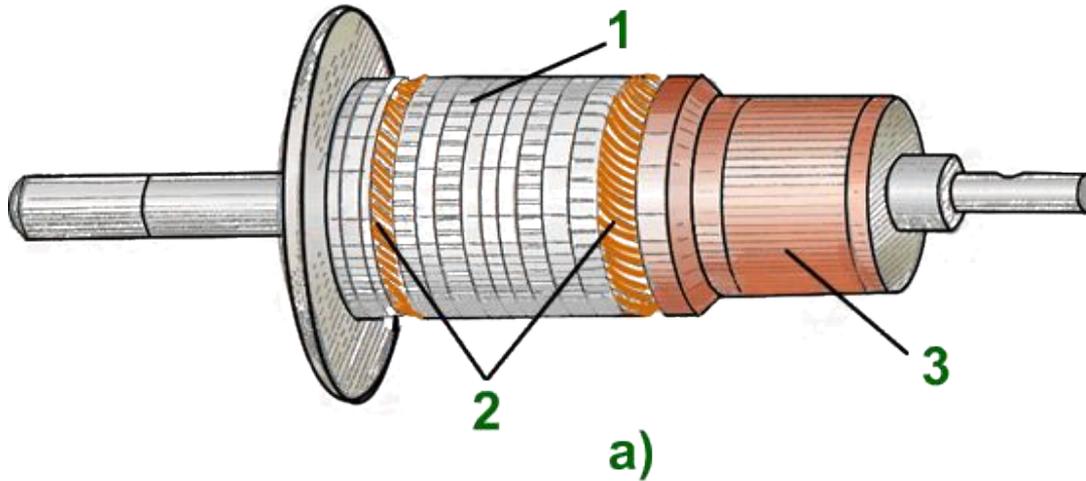
Устройство индуктора (статора) машины постоянного тока

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



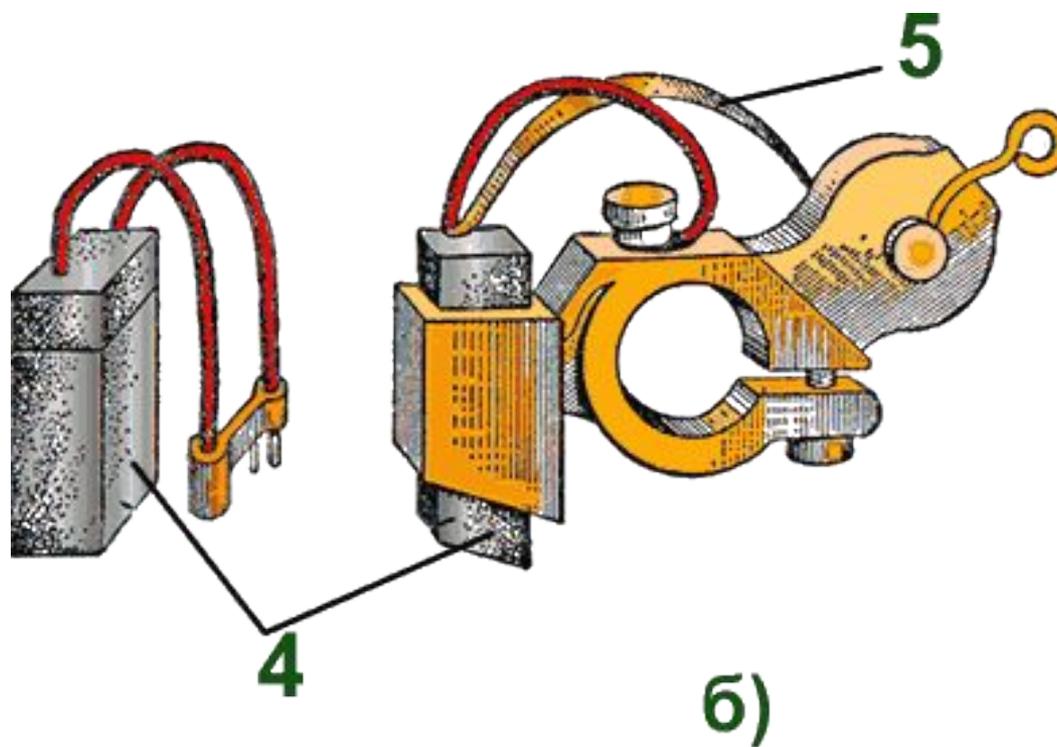
Устройство якоря машины постоянного тока

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



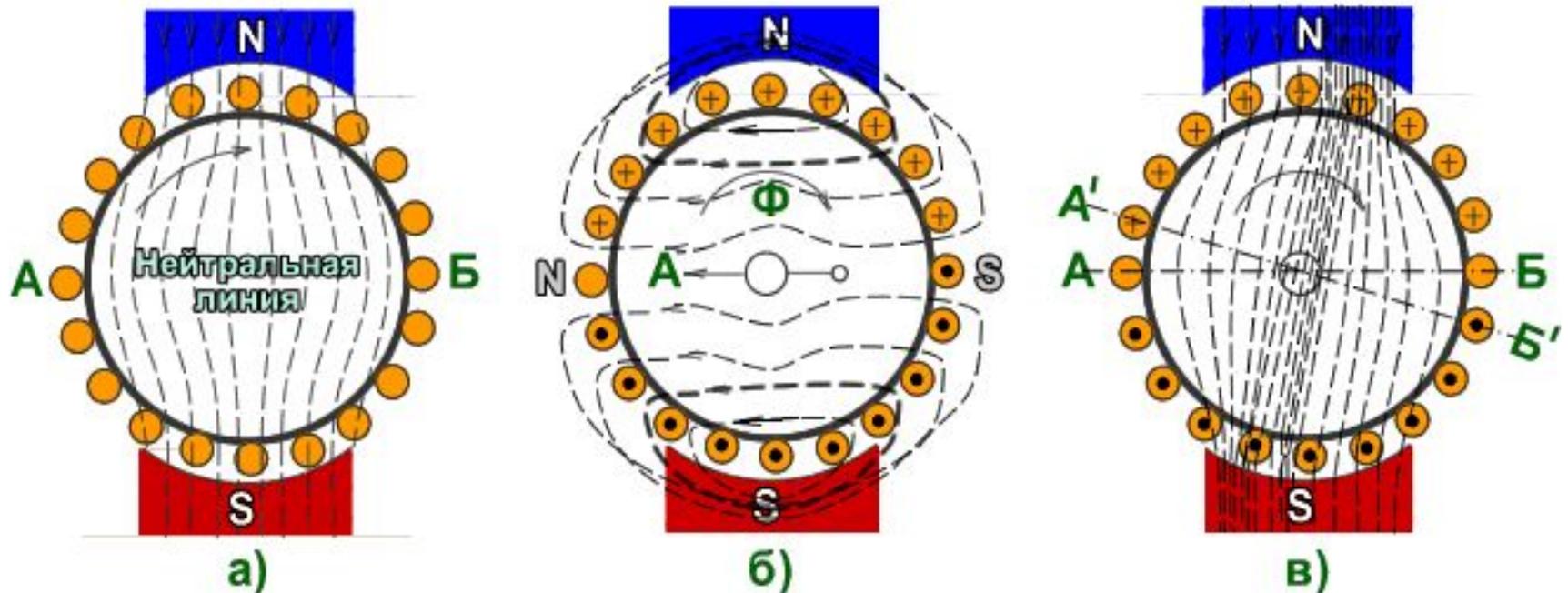
Устройство щеткодержателя

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



Реакция якоря

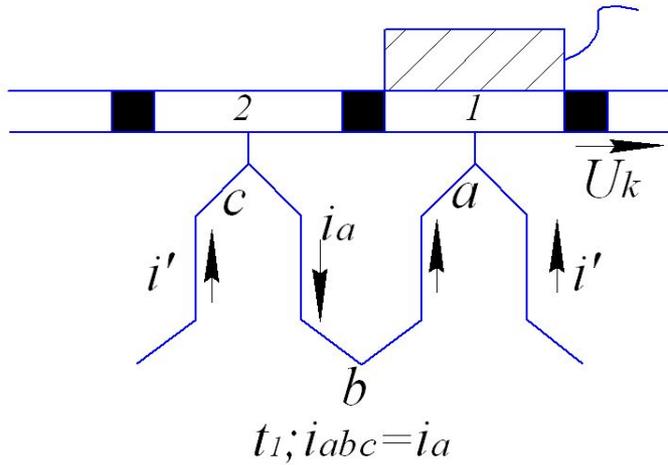
- Реакция якоря – влияние магнитного потока якоря на основной магнитный поток. Рис.а – основной магнитный поток; б – магнитный поток якоря; в – результирующий магнитный поток. А-Б – геометрическая нейтраль; А'-Б' – физическая нейтраль. Приводит к искрению под щётками, уменьшению ЭДС. Улучшение – применение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



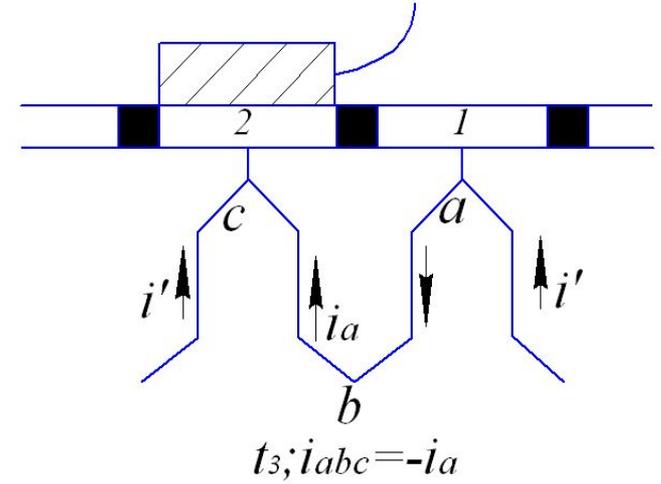
Коммутация машин постоянного тока

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.

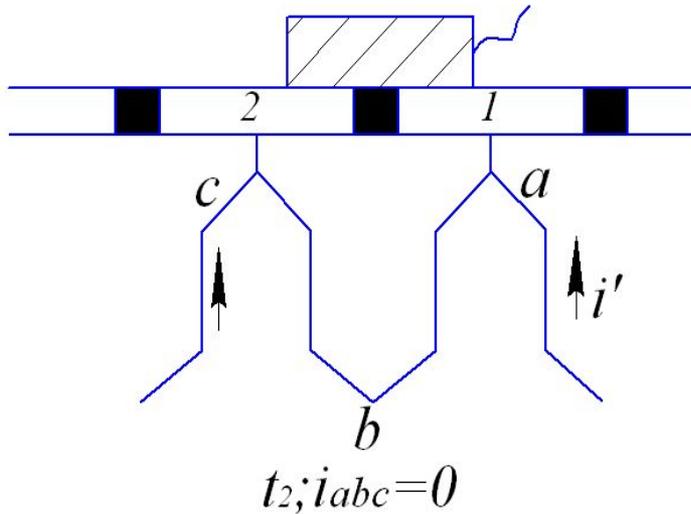
• а)



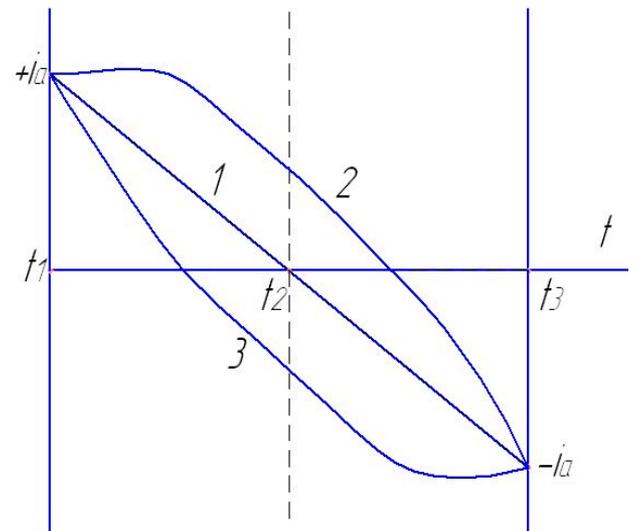
• с)

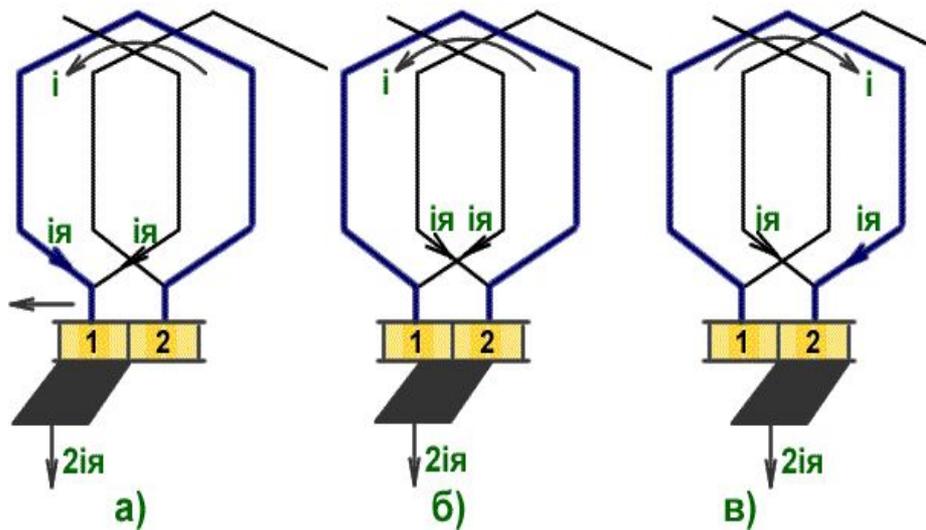


• б)



• е)





• Направление тока в коммутируемой секции обмотки якоря:

• а) до коммутации;

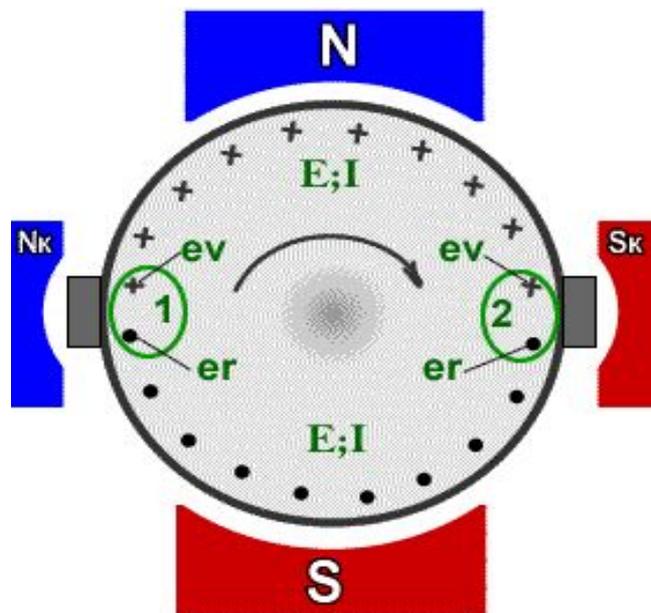
• б) при коммутации;

• 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

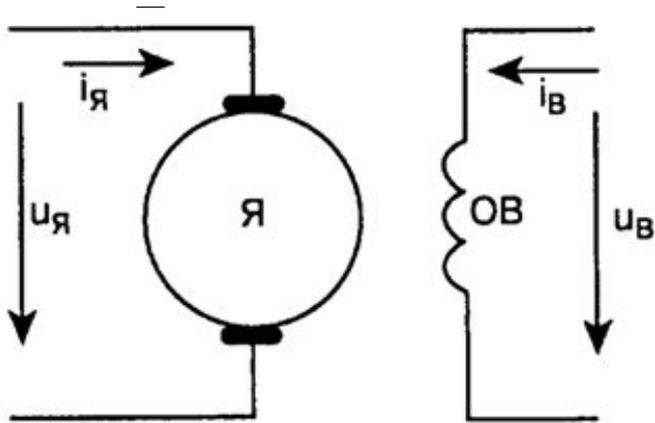


Схемы возбуждения двигателей постоянного тока

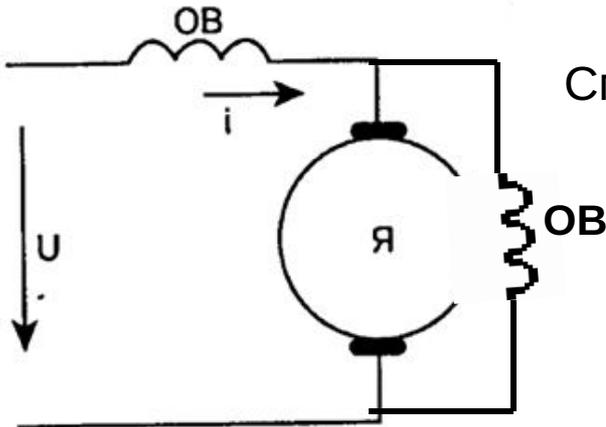
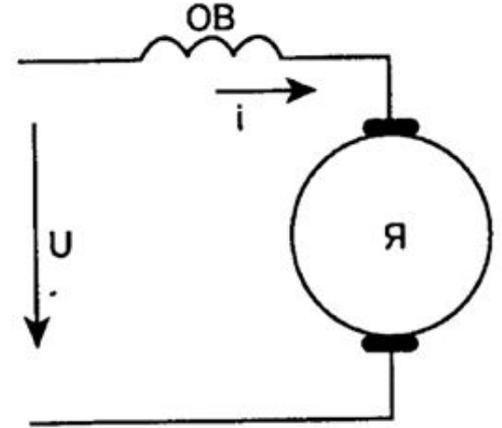
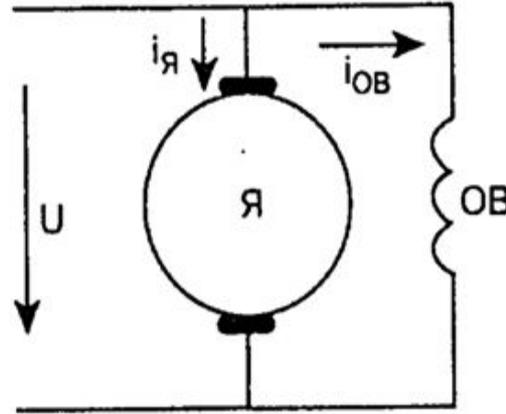
В зависимости от того, как обмотка возбуждения (ОВ) и обмотка якоря (ОЯ) подключены относительно обмотки якоря (ОЯ) получают следующие типы ДПТ:

независимого возбуждения, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.

• Независимое

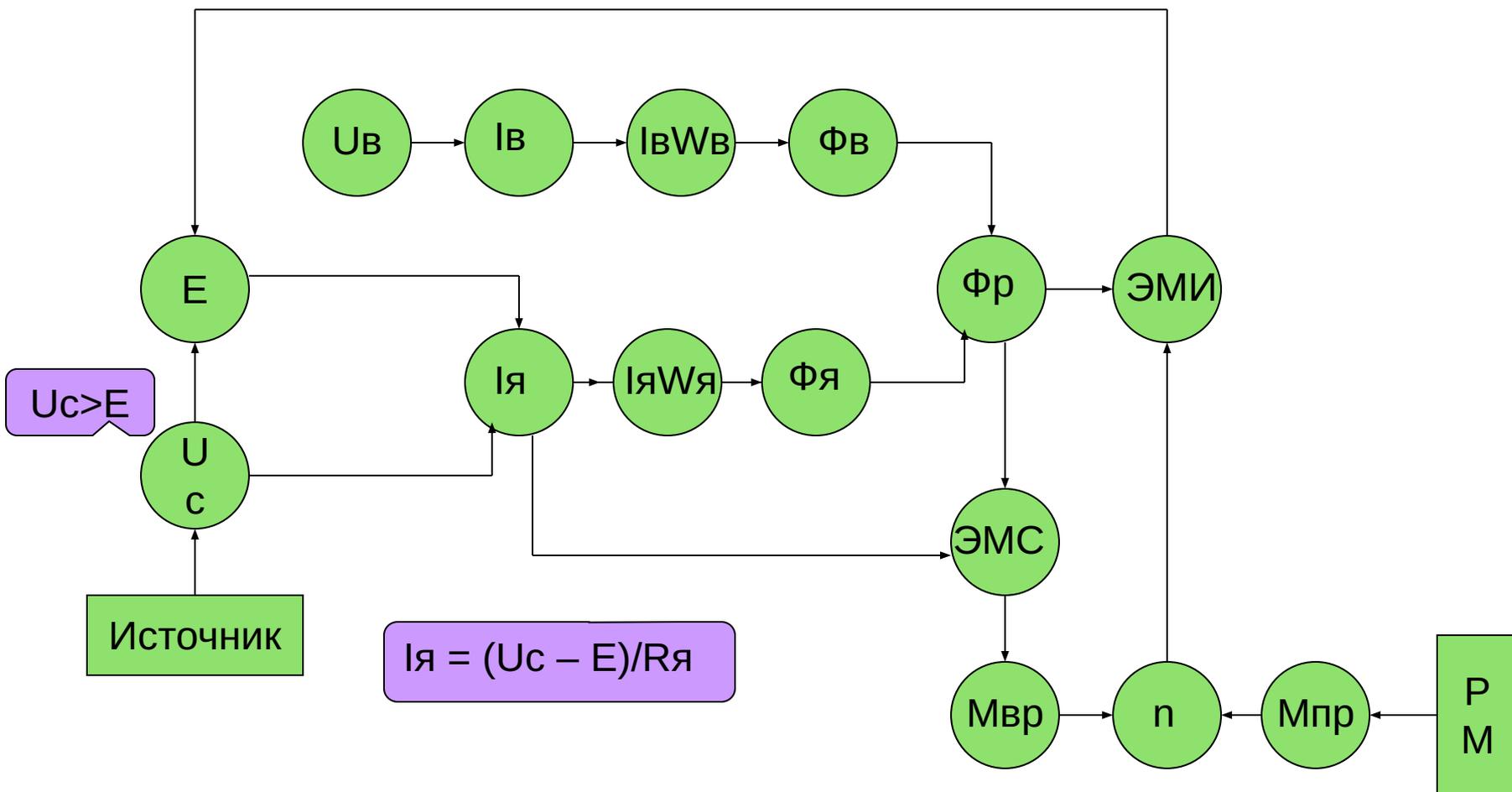


Параллельное

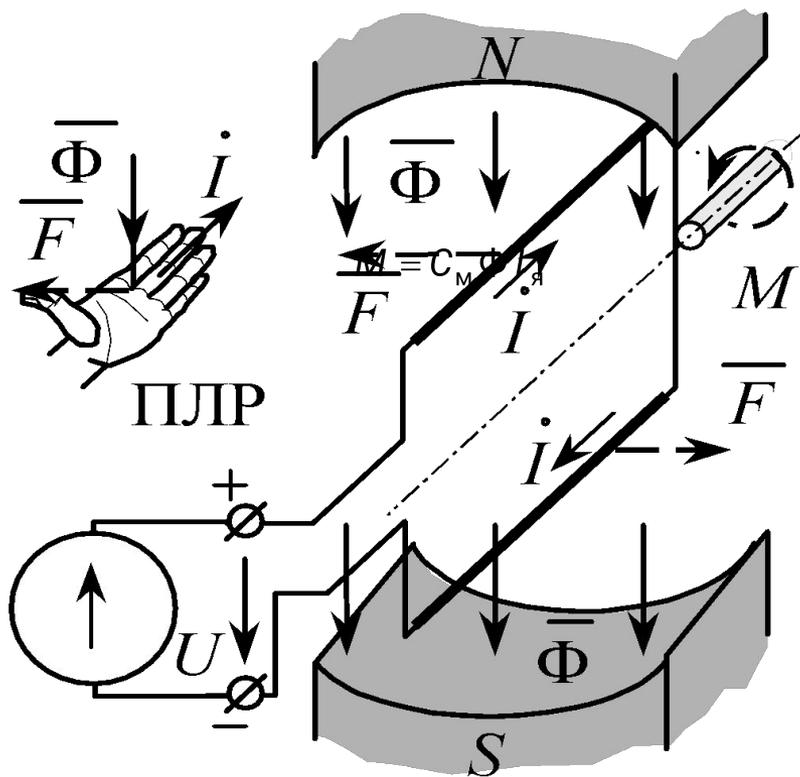


Смешанное

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.**
- $M = F D_{\text{я}} / 2 = B l I_{\text{я}} D_{\text{я}} N / (2a^2)$
- где $D_{\text{я}} = 2r$ – диаметр якоря, N – полюсное деление, N – число проводников якоря, a – число параллельных ветвей
- $M = r N I_{\text{я}} \Phi / (2\pi a) = C_M I_{\text{я}} \Phi$, где
- $C_M = r N / (2\pi a)$ – 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

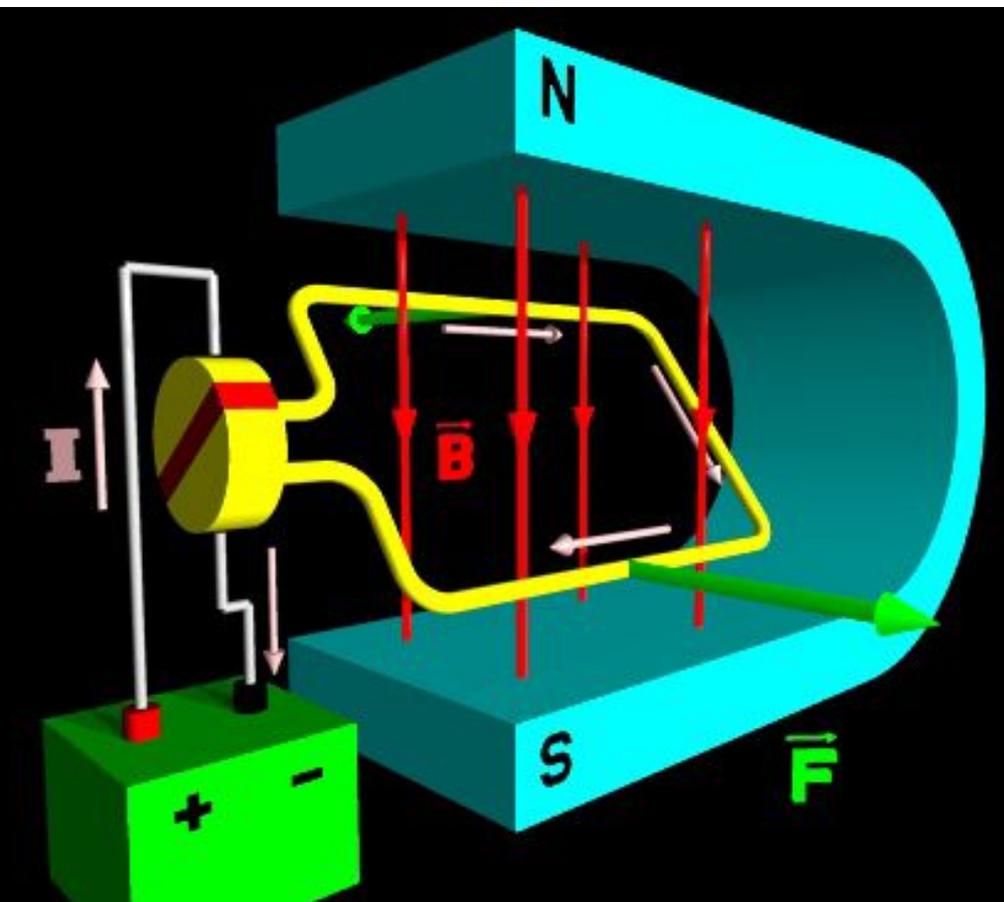
$$v = \pi D_{я} n / 60; \quad v = 2\pi r n / 60$$

$$E = (pN/(60a)) n BL, \text{ где}$$

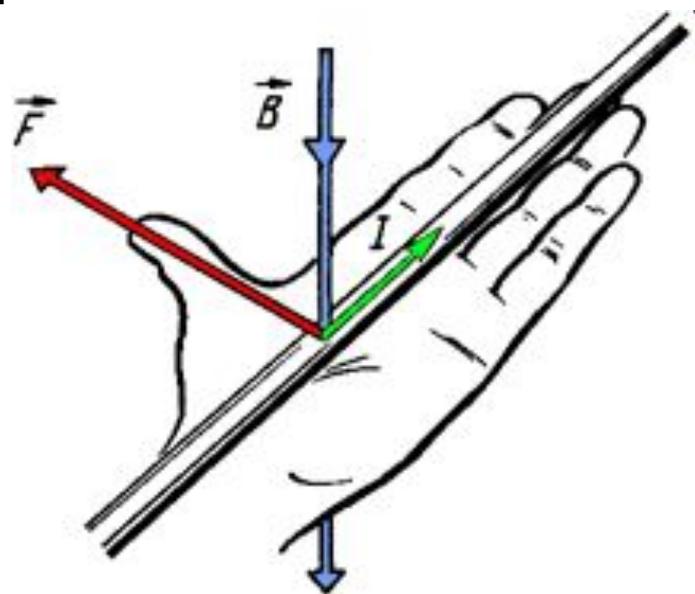
$BL = \Phi$ – магнитный поток, $pN/(60a) = c_e = \text{const}$, n – частота вращения якоря

$$E \equiv c_e n \Phi$$

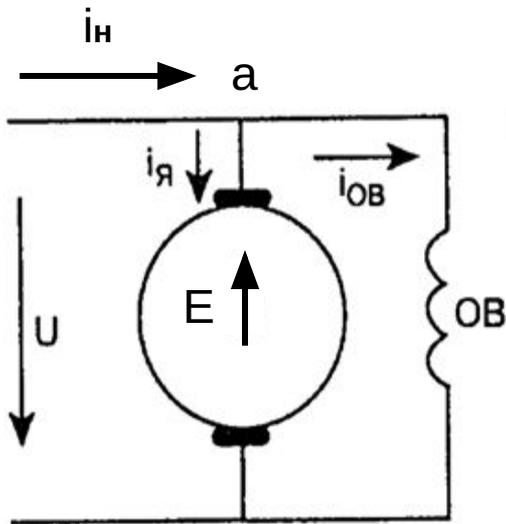
Простейший двигатель постоянного тока



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

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



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



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



Пуск двигателя постоянного тока

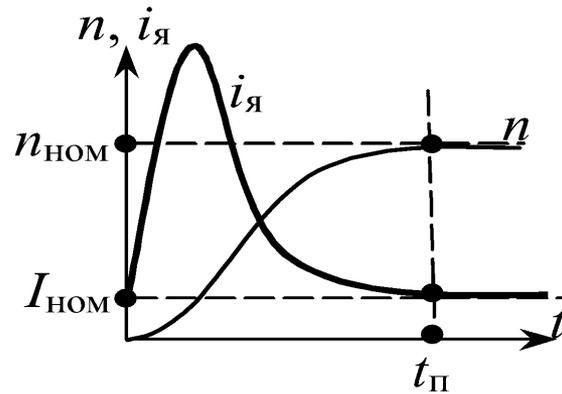
В момент пуска якорь двигателя неподвижен ($n = 0$), поэтому отсутствует противоЭДС ($E = C_e \Phi n = 0$).

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.

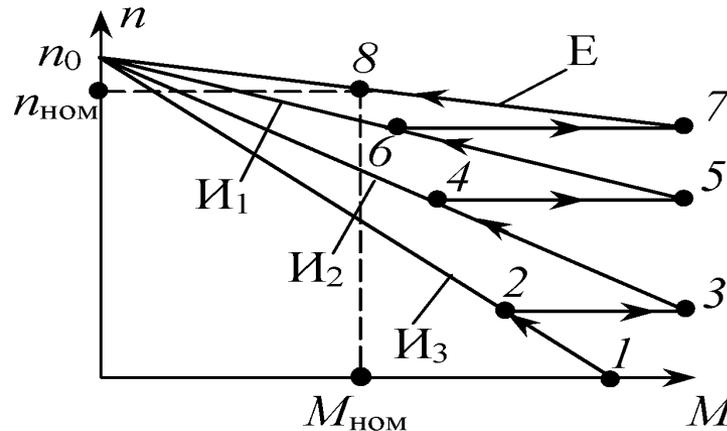


Существуют три способа пуска:

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

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

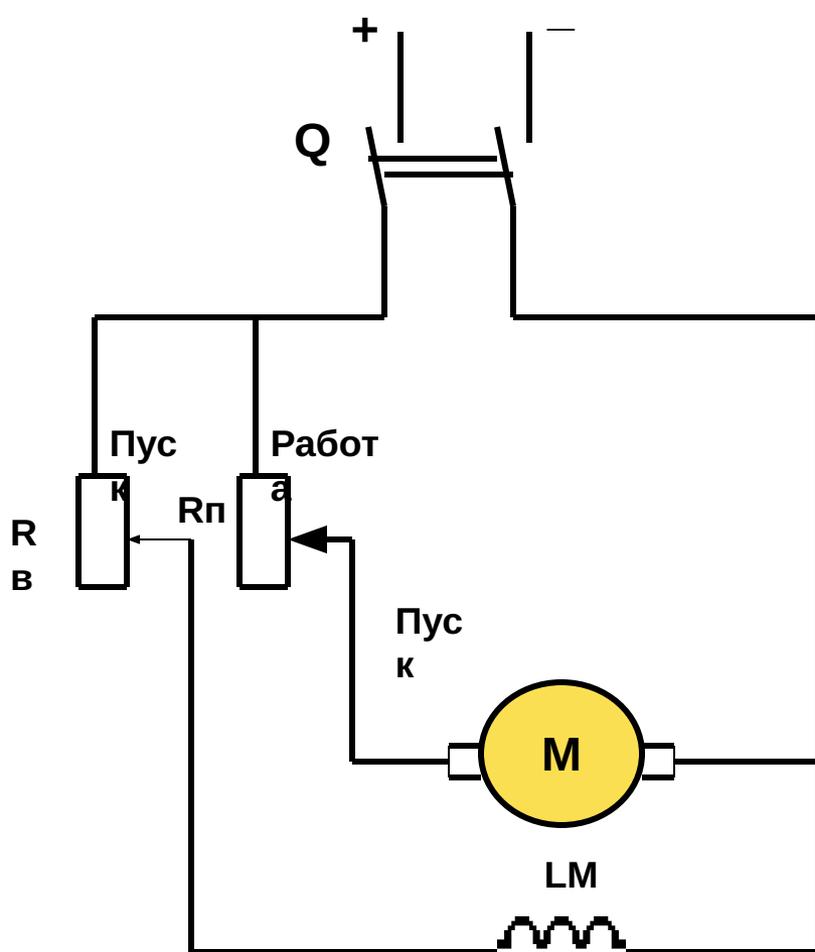


Сопротивление реостата R_p рассчитывают так, чтобы для машин средней и большой мощности обеспечить $I_{п} = (1,4 \div 1,8)I_{ном}$, а для машин малой $I_{п} = (2 \div 2,5)I_{ном}$. Обычно по мере разгона двигателя сопротивление R_p ступенчато выводят до нуля..

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

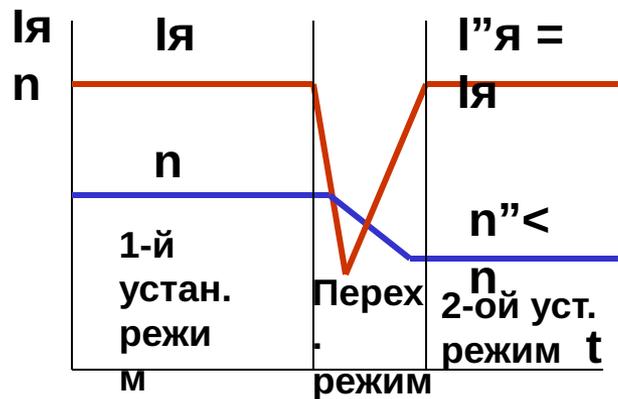
2. Изменением сопротивления якоря: введением реостата в цепь якоря. Влияет только на потери частоты под нагрузкой. Не экономично – потери на реостате.

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



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



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

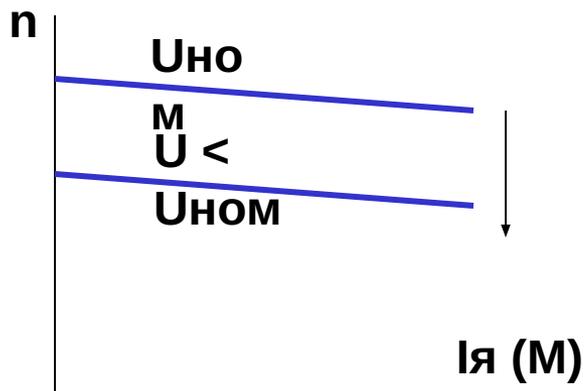
Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

При уменьшении напряжения:

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

КПД = $E I_{я} / (U I_{я})$ – не меняется

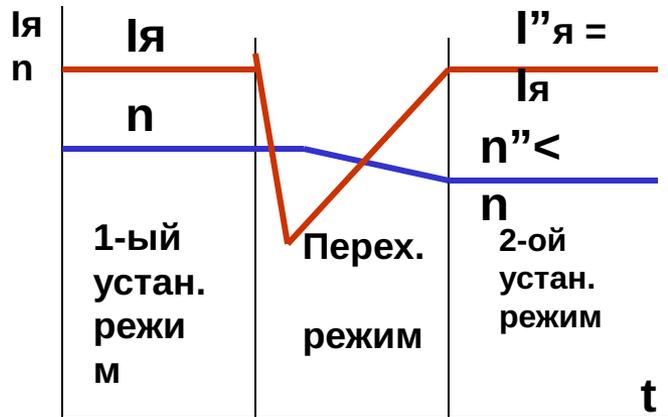


Данный способ применяется в диапазоне регулирования 1:10...1:20 вниз.

Экономичен при $M_c = \text{const}$.

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

Регулирование частоты вращения реостатом в цепи якоря

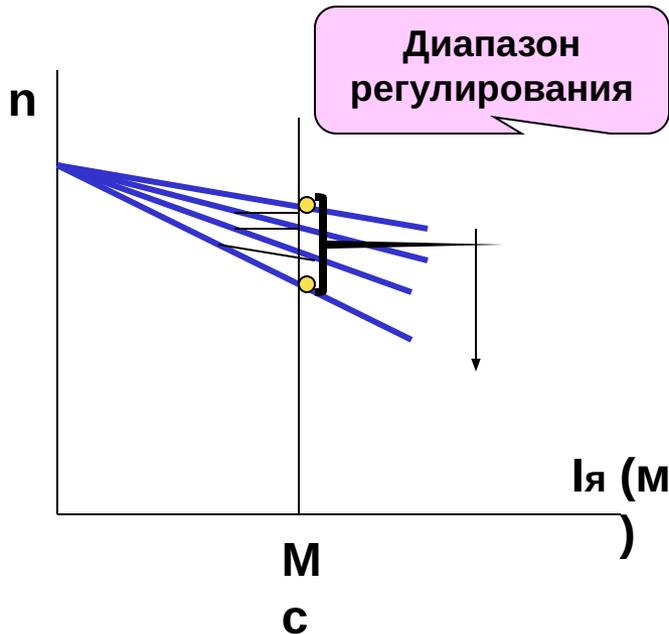


$$n = (U - R_{я}I_{я}) / (c_e\Phi) = U / (c_e\Phi) - R_{я}I_{я} / (c_e\Phi)$$

Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

При введении реостата в цепь якоря

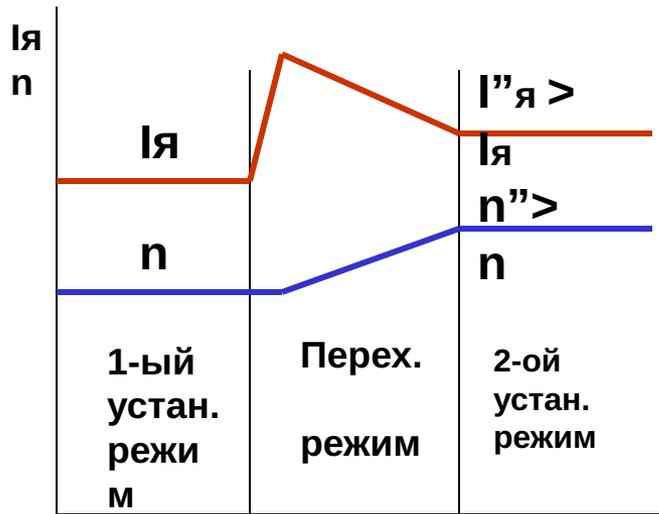


$$R_{я} \uparrow \quad I_{я} \downarrow \quad M_{вр} \downarrow < M_c \rightarrow n \downarrow \quad E \downarrow \quad I_{я} \uparrow = I_{я} \text{ при } n'' < n$$

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

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

Регулирование частоты вращения якоря изменением магнитного потока



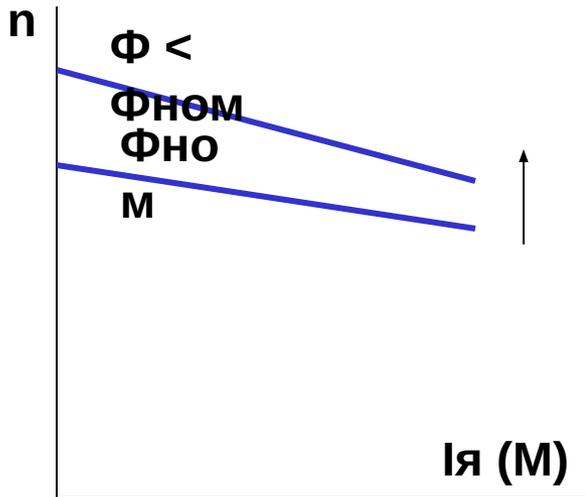
$$n = (U - R_{я}I_{я}) / (c_e \Phi) = U / (c_e \Phi) - R_{я}I_{я} / (c_e \Phi)$$

Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

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

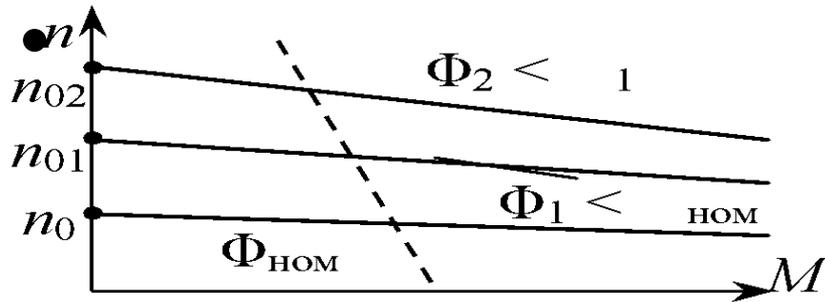
Данный способ применяется в диапазоне регулирования 1:2, а в спец. исполнении 1:6. Экономичность связана с характером изменения M_c . При ум. магнитного потока уменьшается $M_{вр}$. При $M_c = \text{const}$ для сохранения равенства моментов должен возрасти ток якоря. Следовательно, двигатель полностью 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).



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

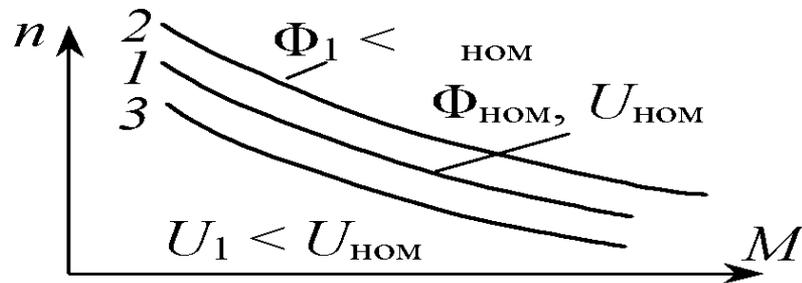
Изменение механических характеристик при регулировании частоты вращения якоря

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

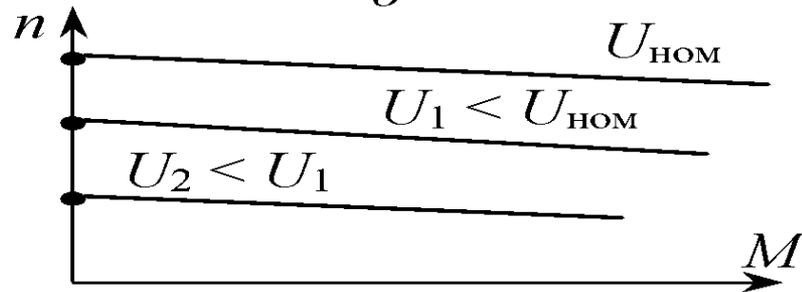


а

Все способы регулирования частоты вращения ДПТ плавные



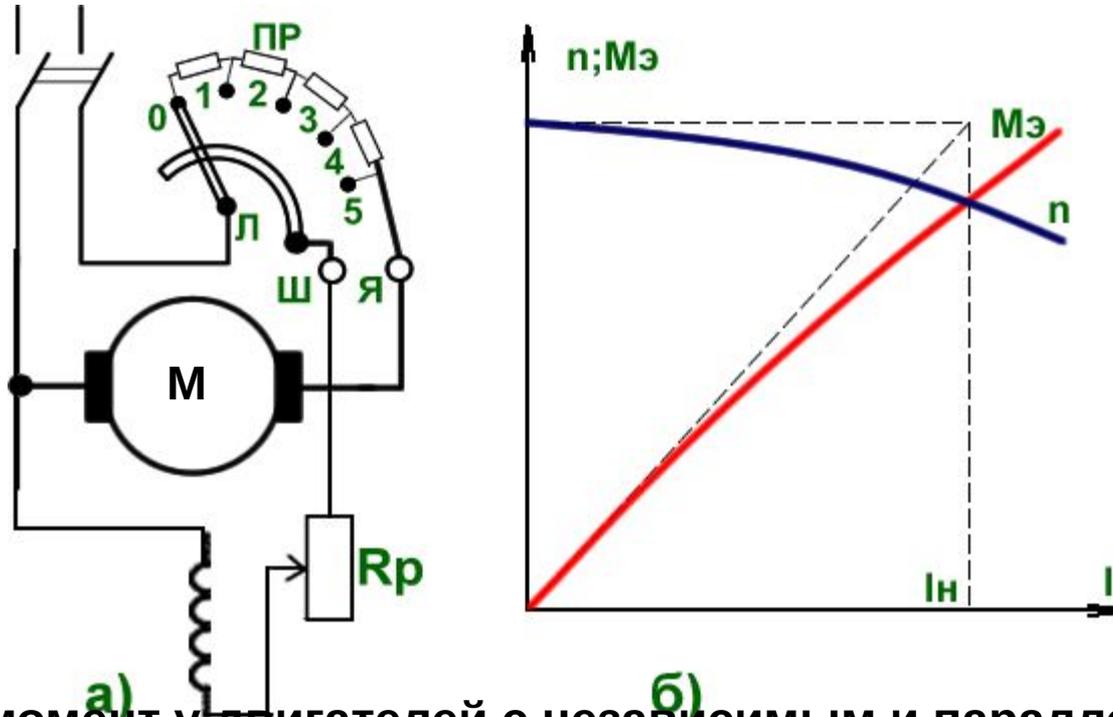
б



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



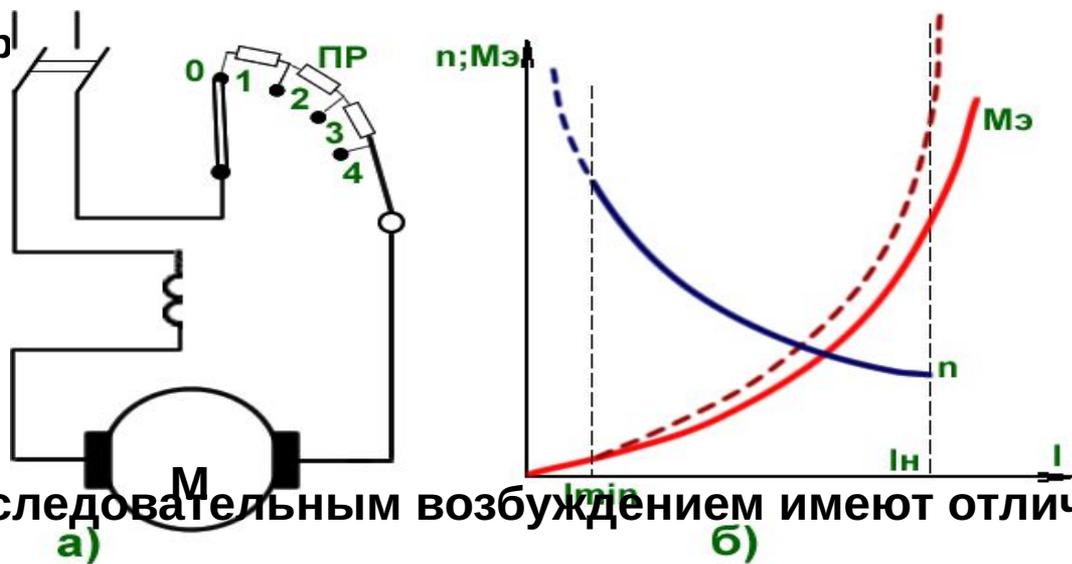
Вращающий момент у двигателей с независимым и параллельным возбуждением

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 $n = f(Iя)$;
- ПР – пуско-р



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
Последняя формула показывает, что чем больше нагрузка на двигатель, иметь вид:
тем

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

большим будет вращающий момент. Это обстоятельство делает двигатель с

последовательным возбуждением незаменимым на электротранспорте (трамвае,

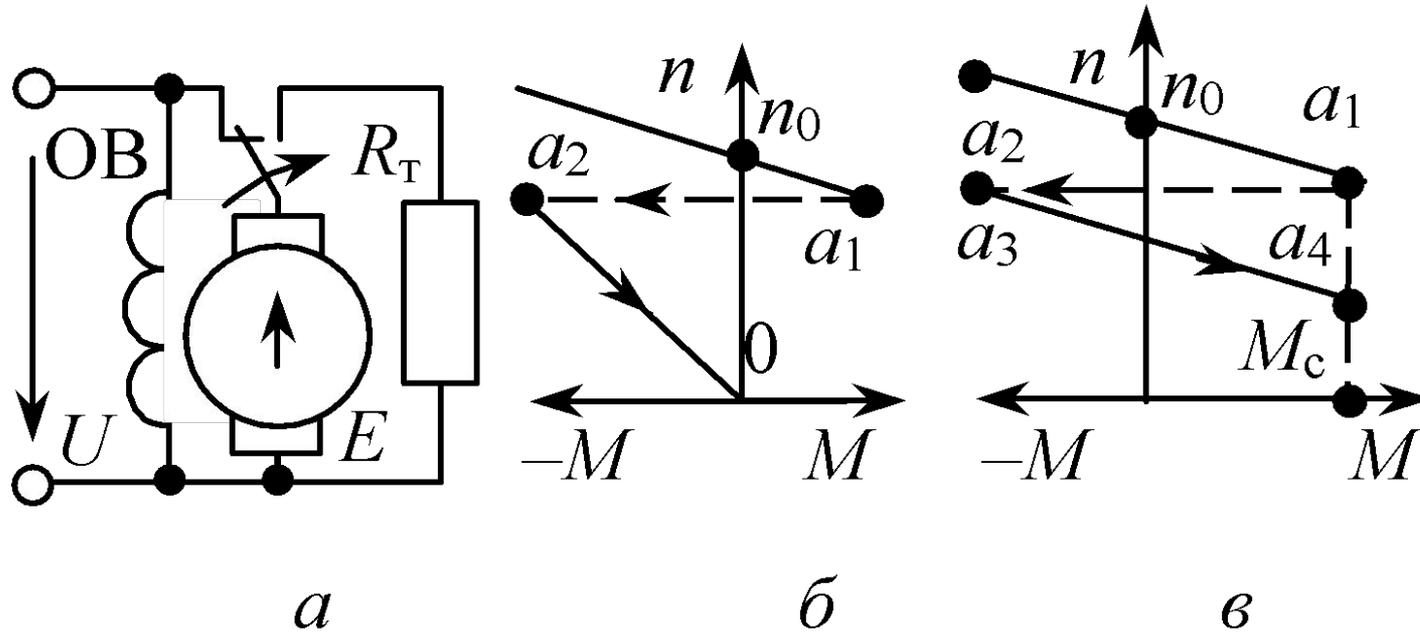
троллейбусе и т.д.).

Реверсирование или изменение направления вращения двигателей постоянного

тока может осуществляться изменением полярности тока либо в обмотке

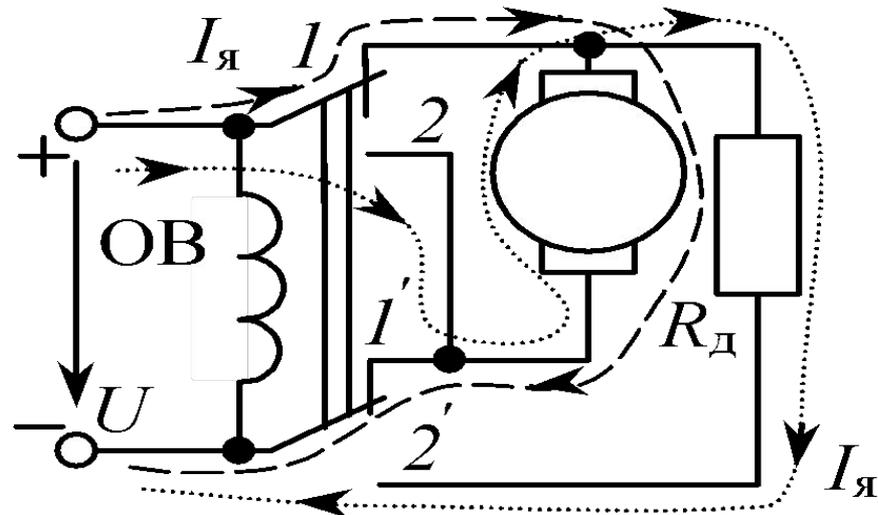
Способы торможения двигателей постоянного тока

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

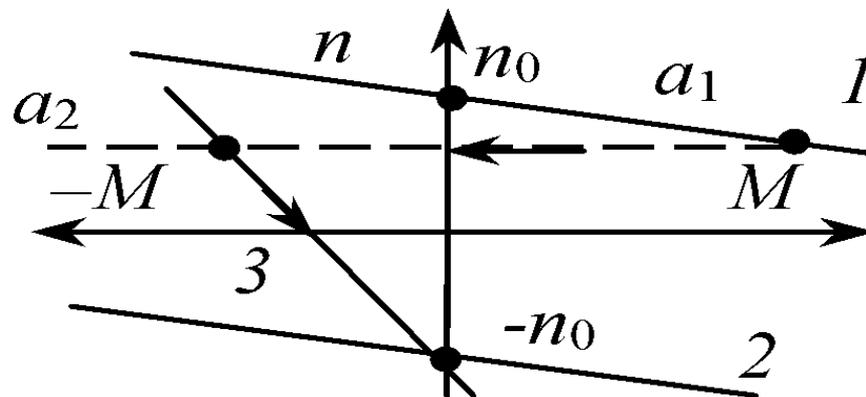


- **Схема (а) и диаграмма :**
- **(б) - динамического торможения,**
- **(в) - диаграмма рекуперативного торможения**

Схема (а) и диаграмма (б) торможения противовключением



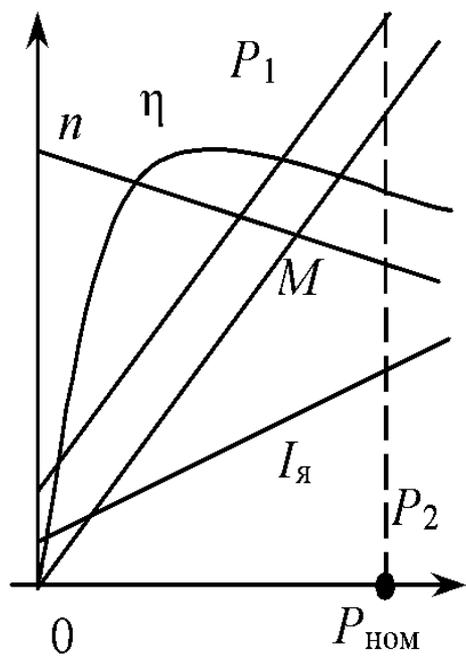
а



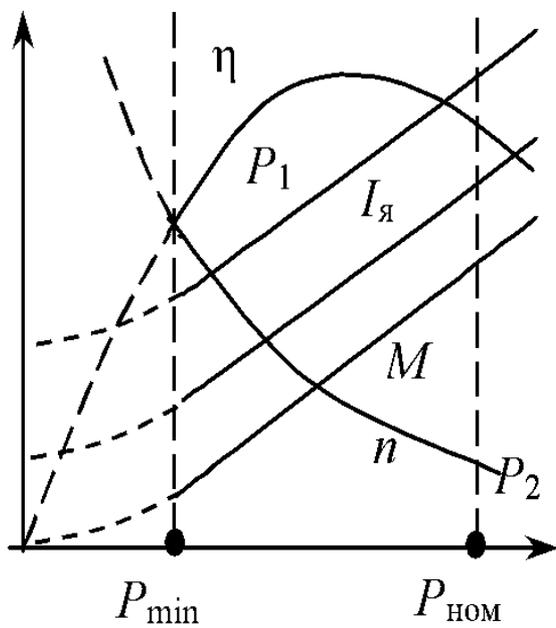
б

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

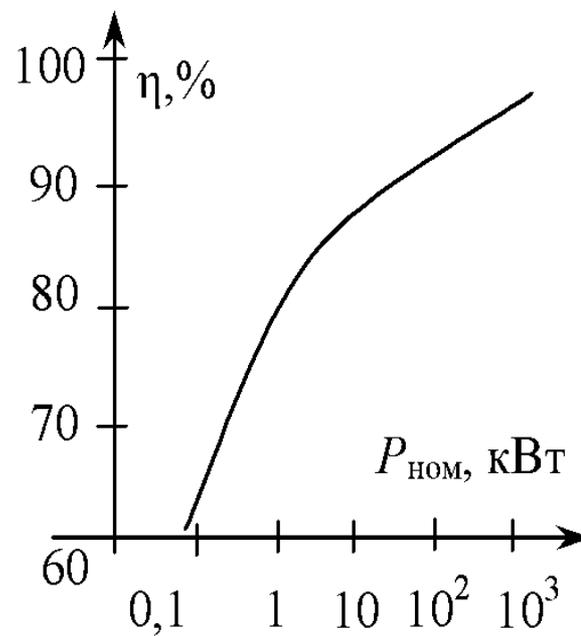
Рабочие характеристики и КПД двигателей постоянного тока



a



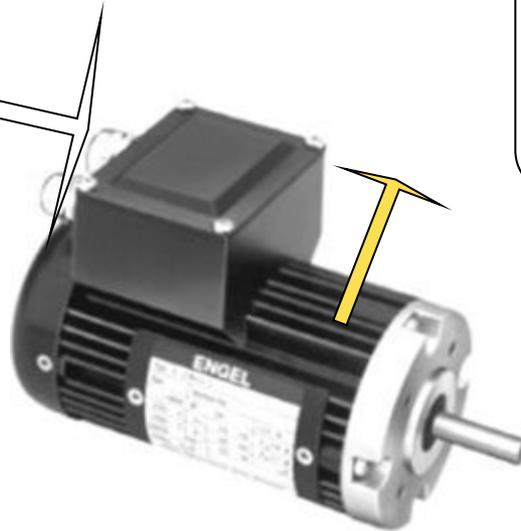
б



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

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

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



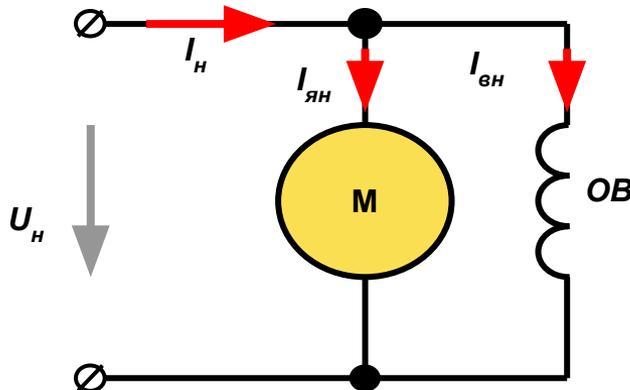
Достоинства и недостатки двигателей постоянного тока

 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 .

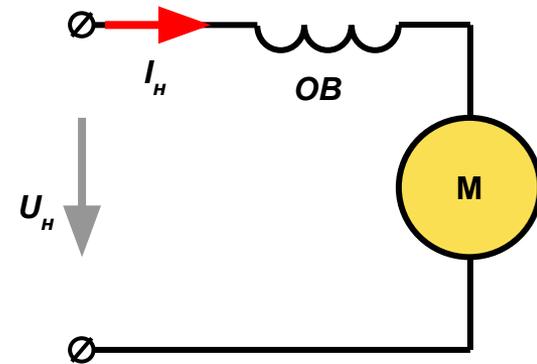
U_H , В	P_{2H} , кВт	n_H , об/мин	η_H	R_B , Ом	I_H , А
220	2,8	3000	0,855	190	14,9



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

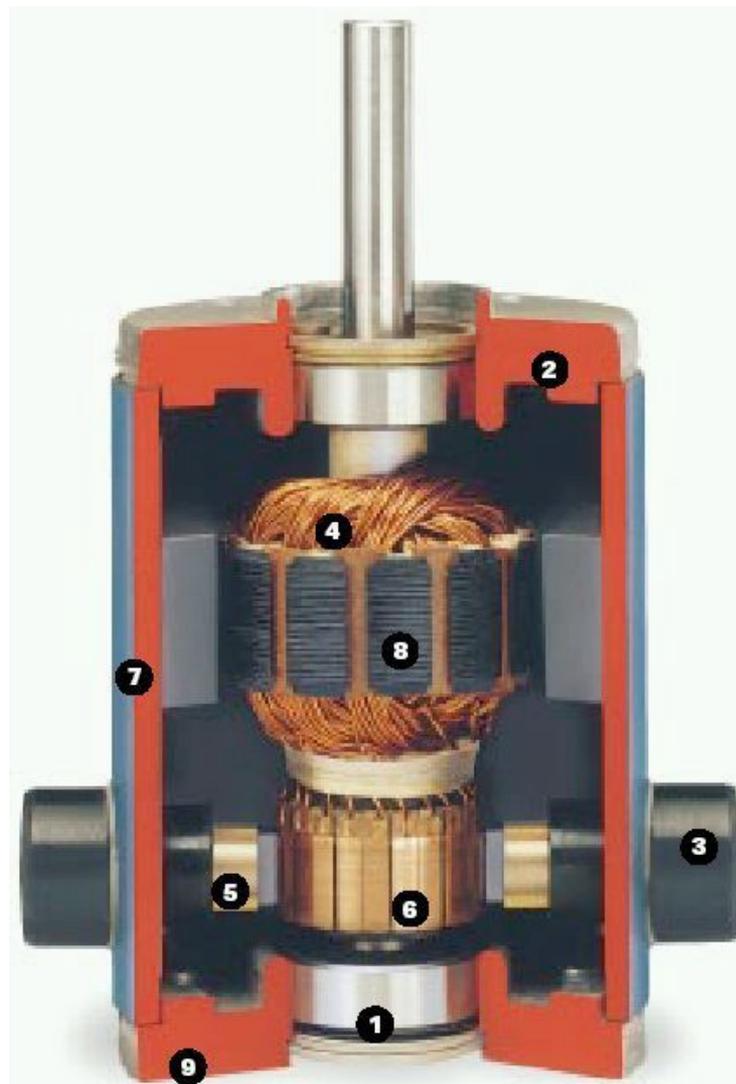


Найти:
 Номинальную потребляемую мощность $P_{потр}$, Вт;
 Номинальный ток, I_H , А;
 Номинальный момент, M_H , Нм;
 Номинальную угловую частоту вращения ω_H рад/сек;
 Суммарные потери двигателе, $P_{потерь}$, Вт

Контрольные вопросы

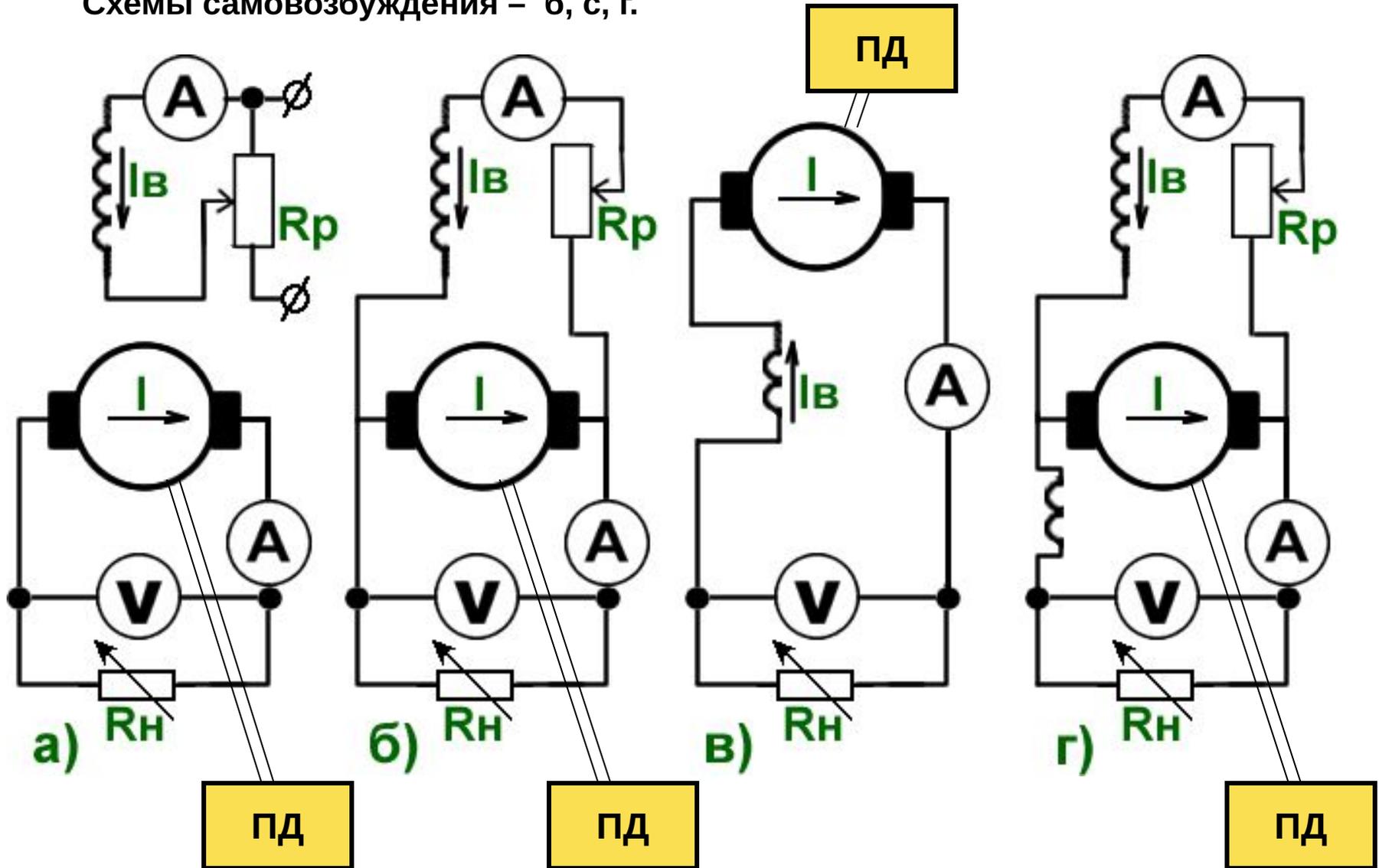
1. Что такое режим холостого хода и короткого замыкания для двигателя постоянного тока?
2. Какие функции выполняет коллектор и щетки двигателя постоянного тока?
3. Что такое механическая характеристика, рабочие характеристики?
4. Способы возбуждения двигателя постоянного тока
5. На какие процессы расходуется 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



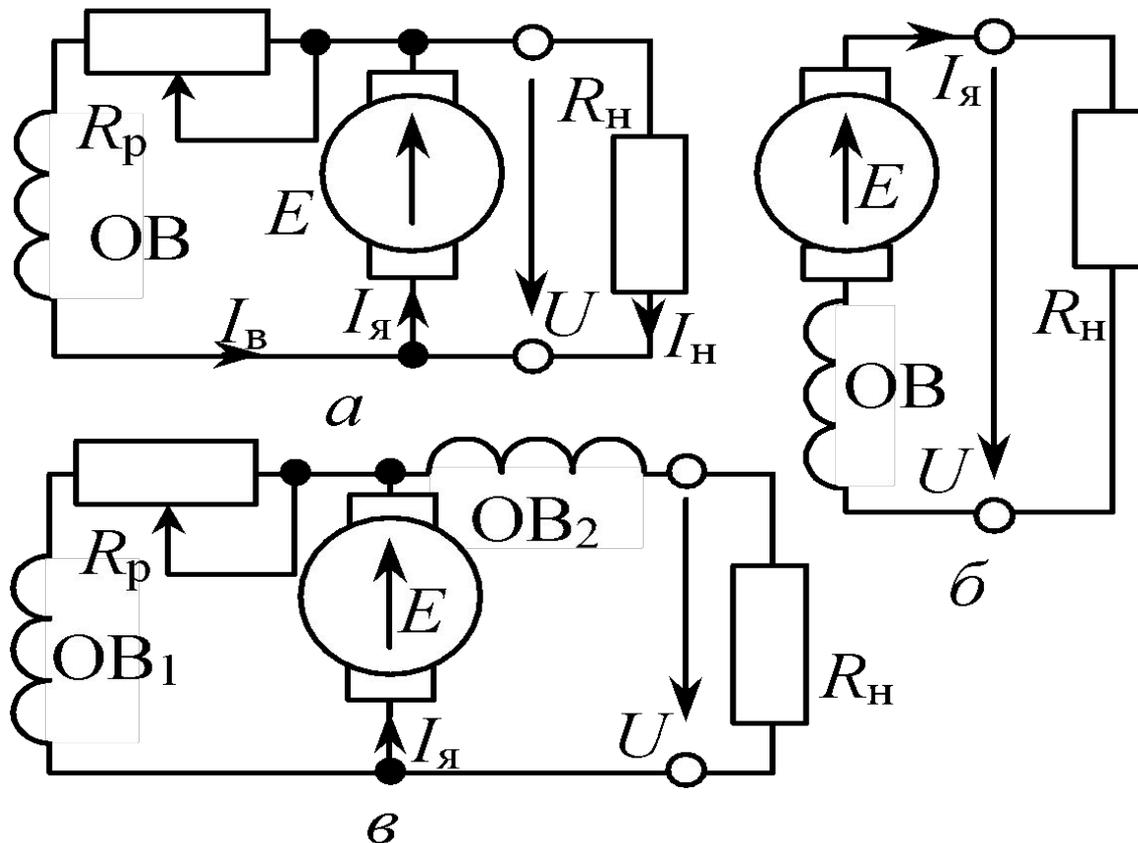
Способы возбуждения генераторов постоянного тока

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

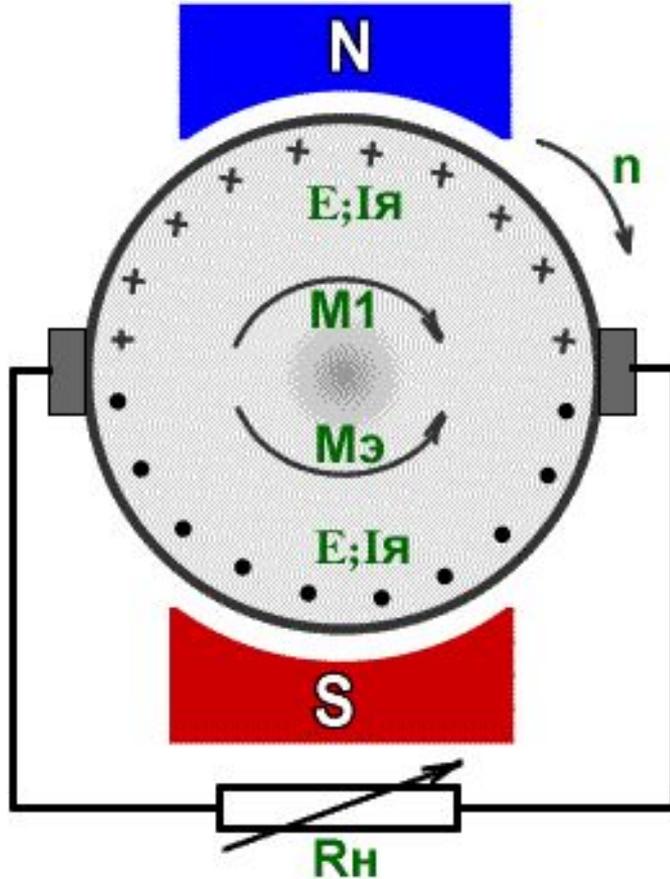


Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока

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

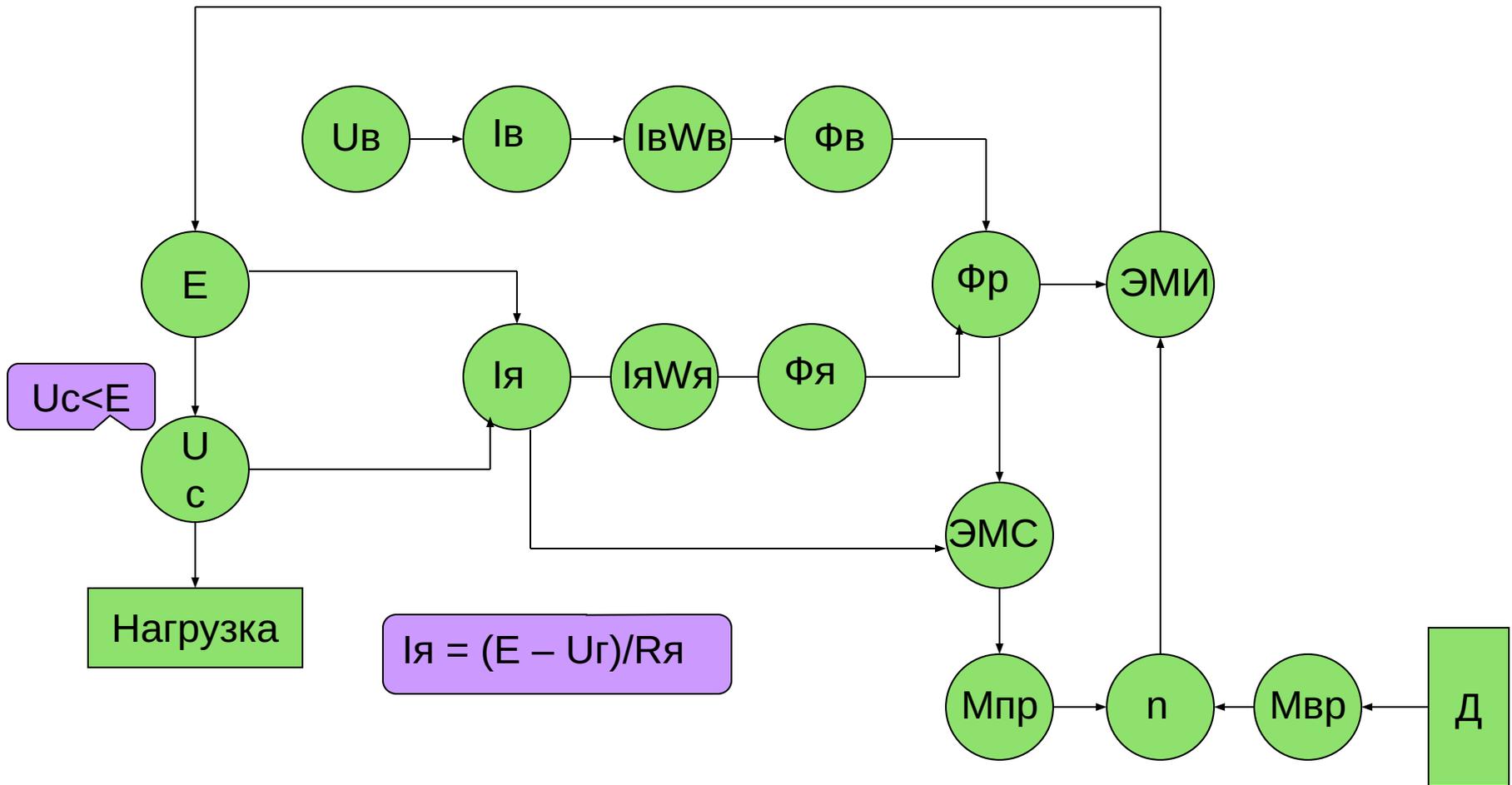


Принцип работы генератора постоянного тока



- 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_2 (тормозной),

Условно-логическая схема работы генератора постоянного тока



Уравнения ЭДС и токов генератора постоянного тока

В установившемся режиме электрическая схема замещения генератора имеет вид

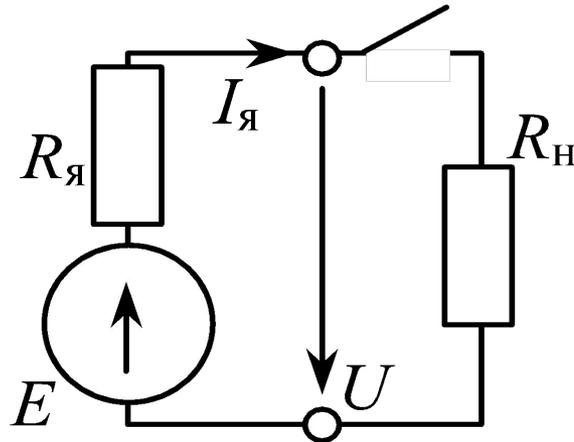


Схема замещения якоря ГПТ

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:

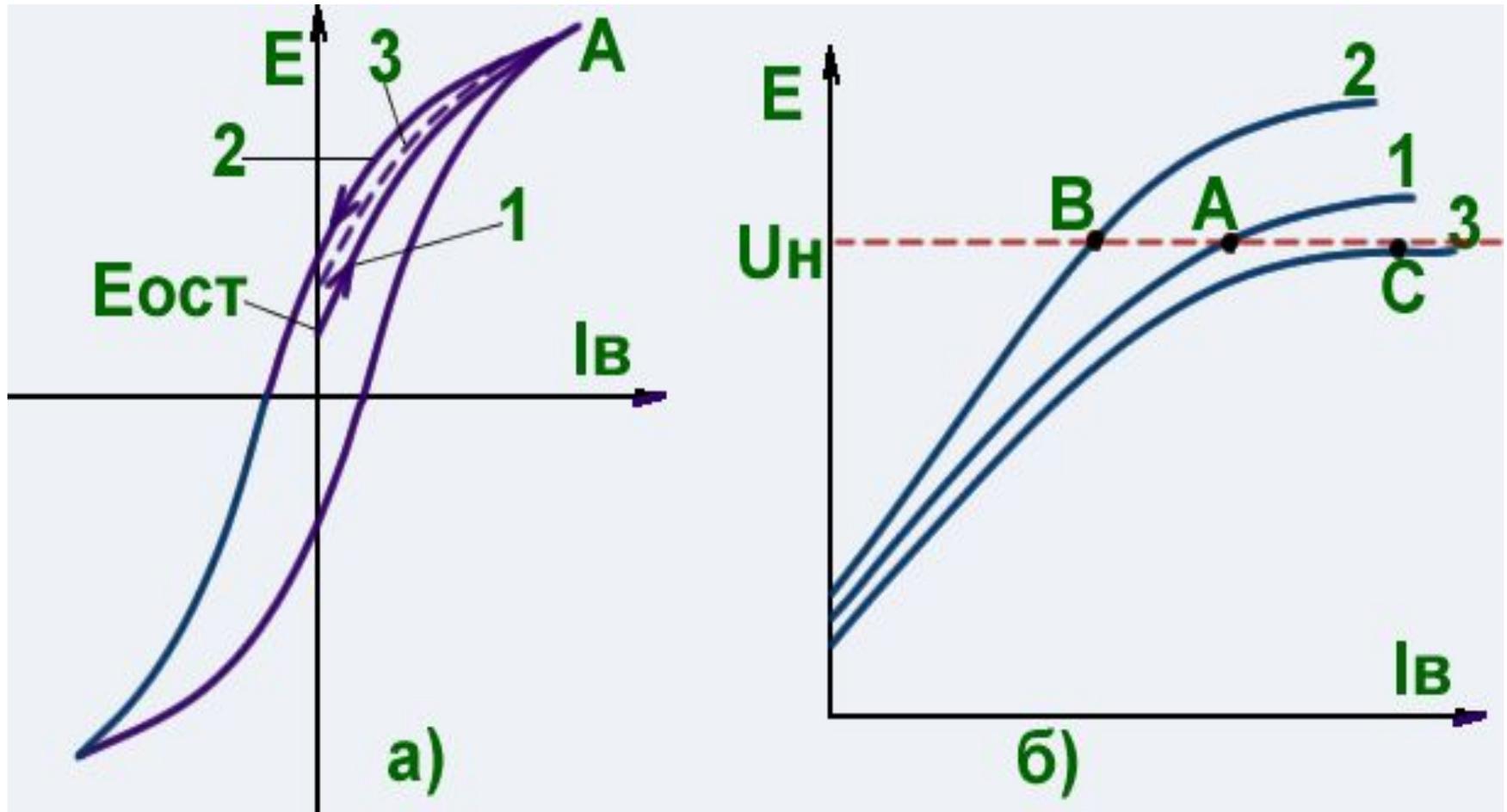
$$I_{я} = I_{н} + I_{в}$$

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

НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

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

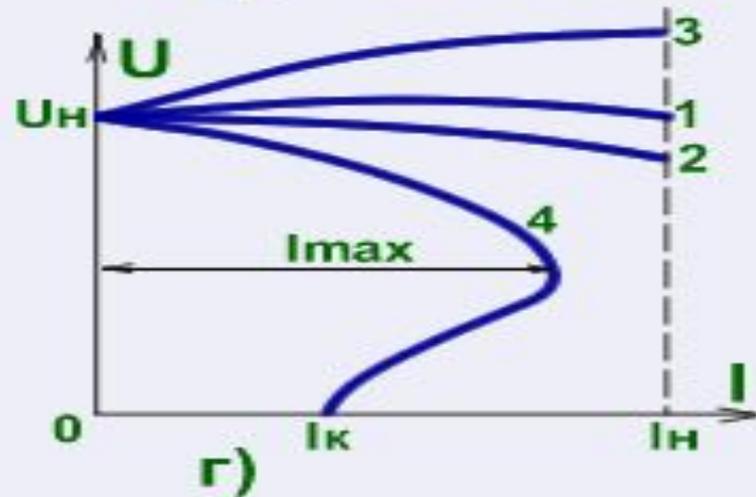
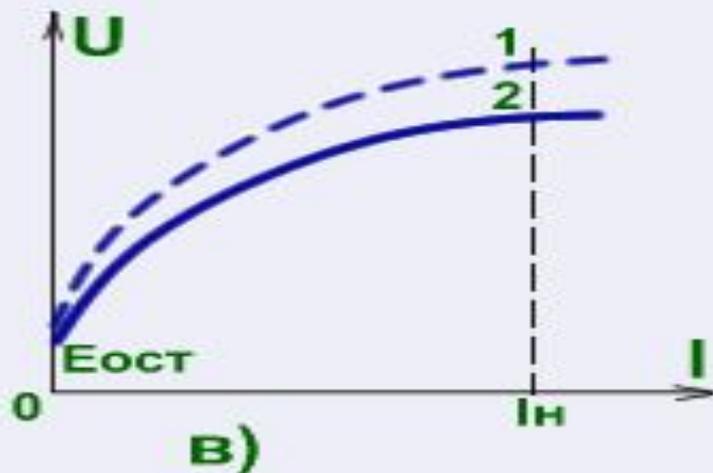
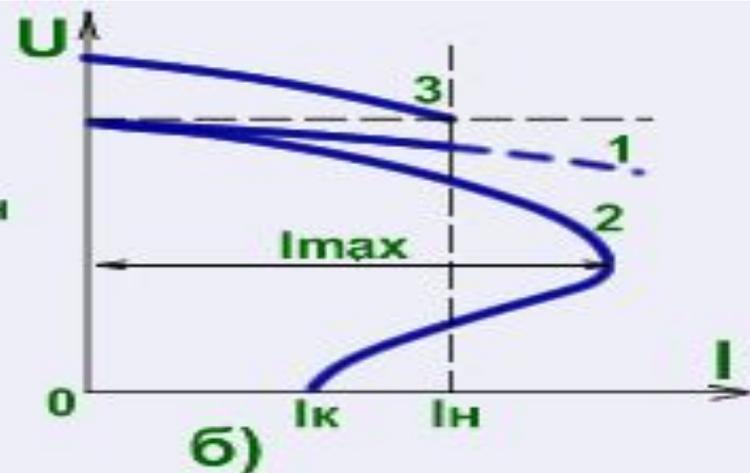
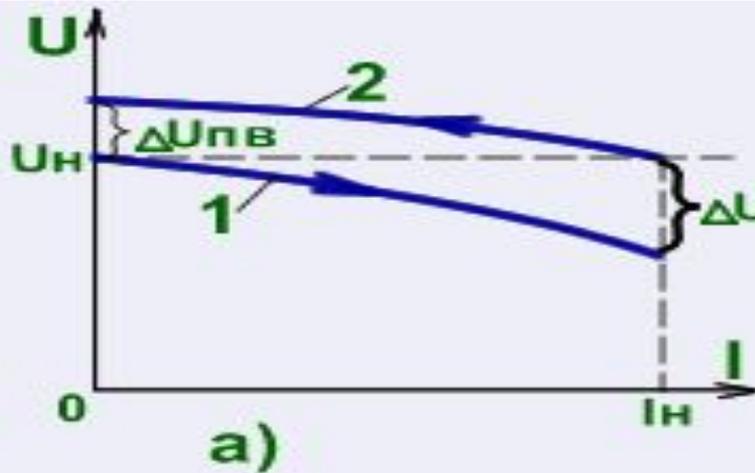
Рис. б – при изменении частоты вращения якоря; 1 – при n ном.; 2 – при $n > n$ ном; 3 – при $n < n$ ном



Внешние характеристики генератора постоянного тока $U = f(I_{\text{в}})$

с разными способами возбуждения

- а) – $\Delta U_{\text{пн}}$ – 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 $0,4 \text{ A}$ и $0,2 \text{ A}$. 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 $I_{\text{в}} = 0,4 \text{ A}$: 1) $I_{\text{я}} = 14 \text{ A}$. 2) $U_{\text{я}} = 131,6 \text{ В}$.

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

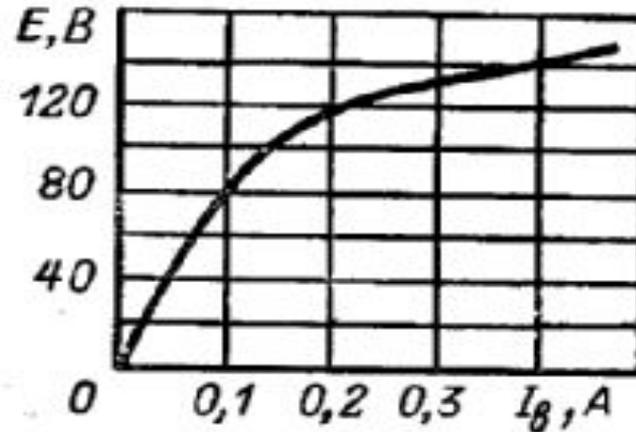


Рис. 9.12

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.