



# 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.

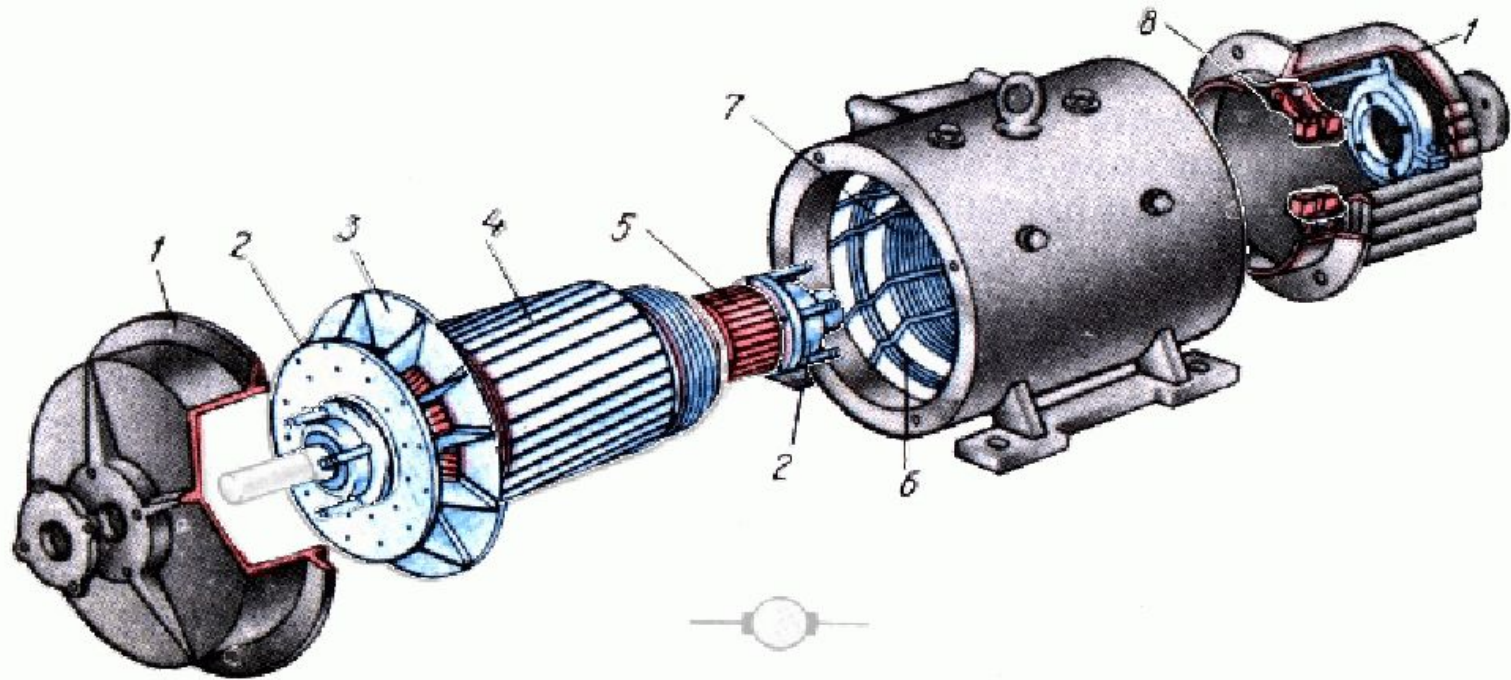
Микромашины имеют частоты вращения от нескольких оборотов до 30 000 об/мин. Двигатели постоянного тока (ДПТ) допускают плавное регулирование частоты вращения и способны развивать большой пусковой момент, благодаря чему они

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

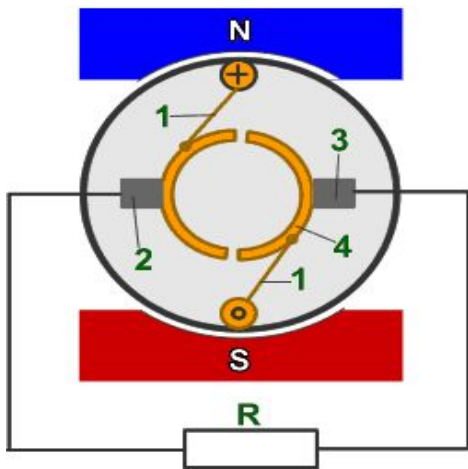


1 – подшипниковый щит, 2 – подшипник, 3 – вентилятор, 4 – якорь, 5 – коллектор; 7 – главный и дополнительный полюсы; 8 – щёткодержатель.

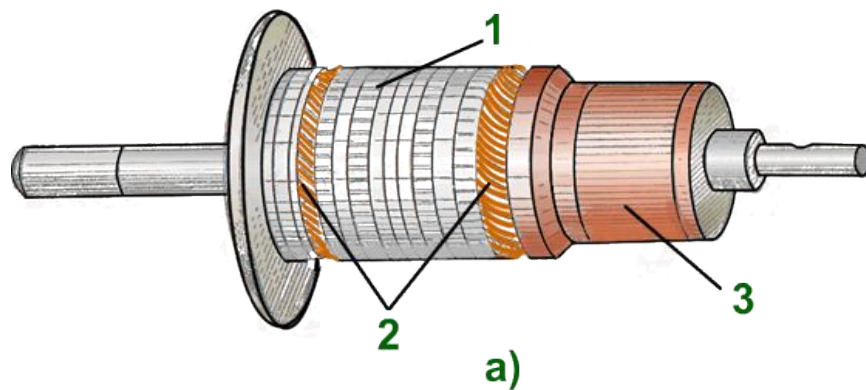




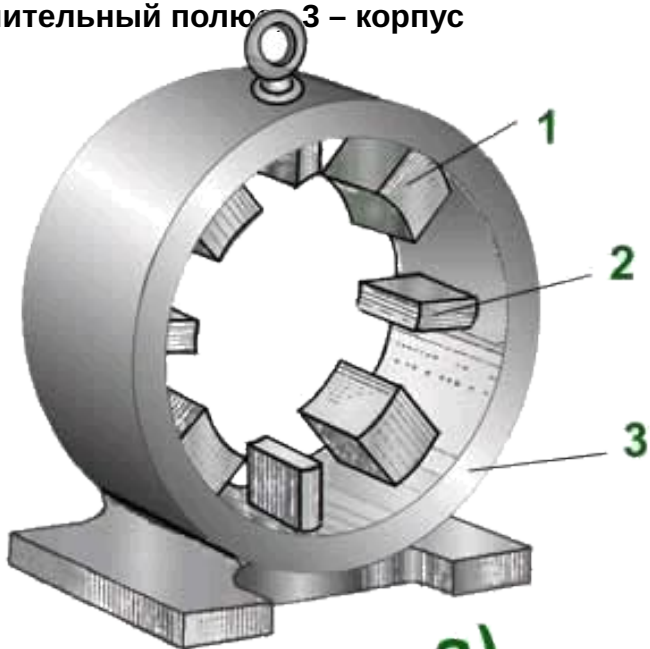
- 1 – виток обмотки якоря; 2, 3 – щётки; 4 – пластина коллектора



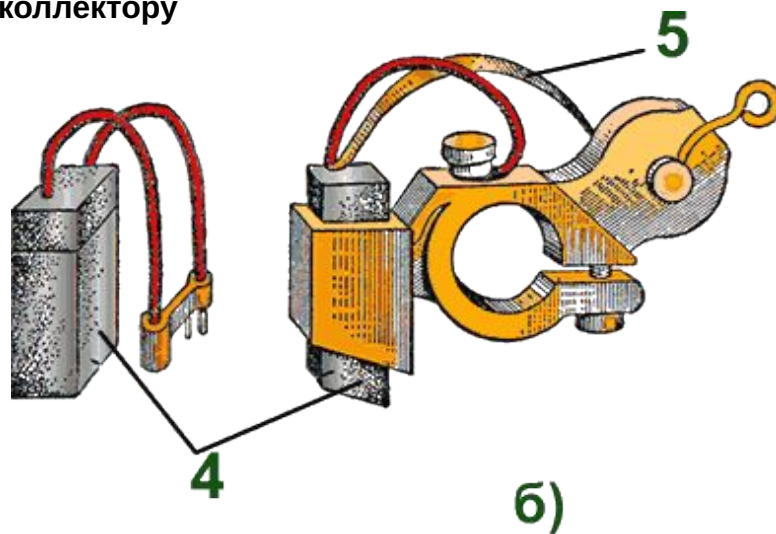
- Устройство якоря: 1 – магнитопровод якоря; 2- обмотка якоря; 3 - коллектор



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

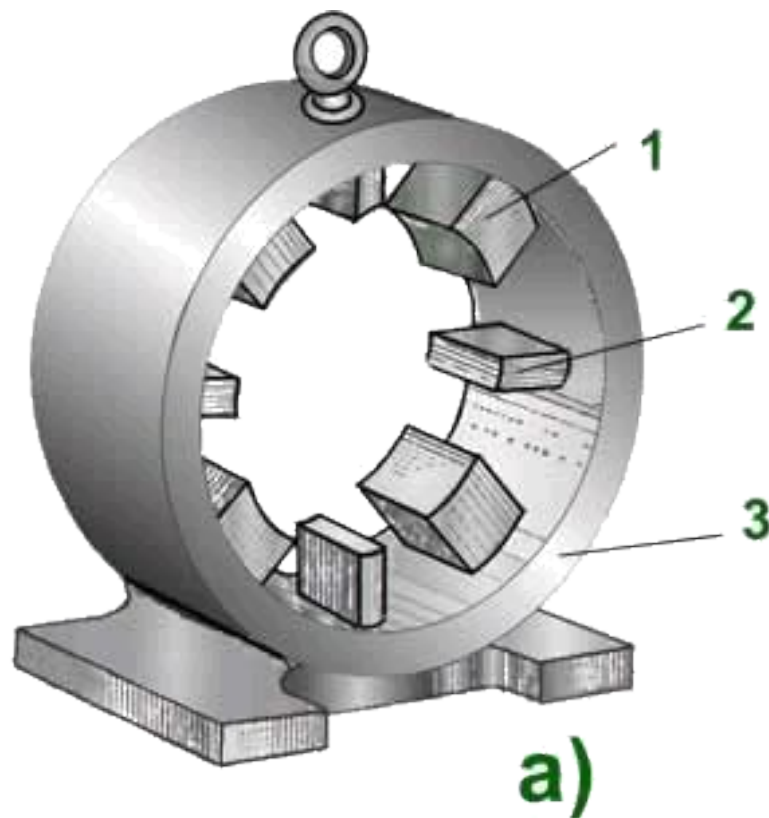


- Щеточное устройство
- 4 – щётки; 5 – пружины, прижимающие щетки к коллектору



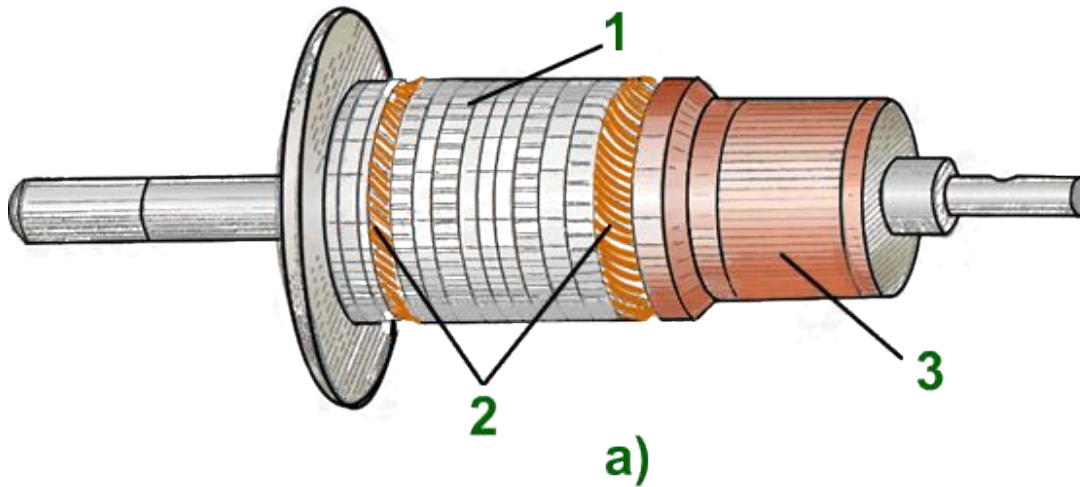
## Устройство индуктора (статора) машины постоянного тока

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



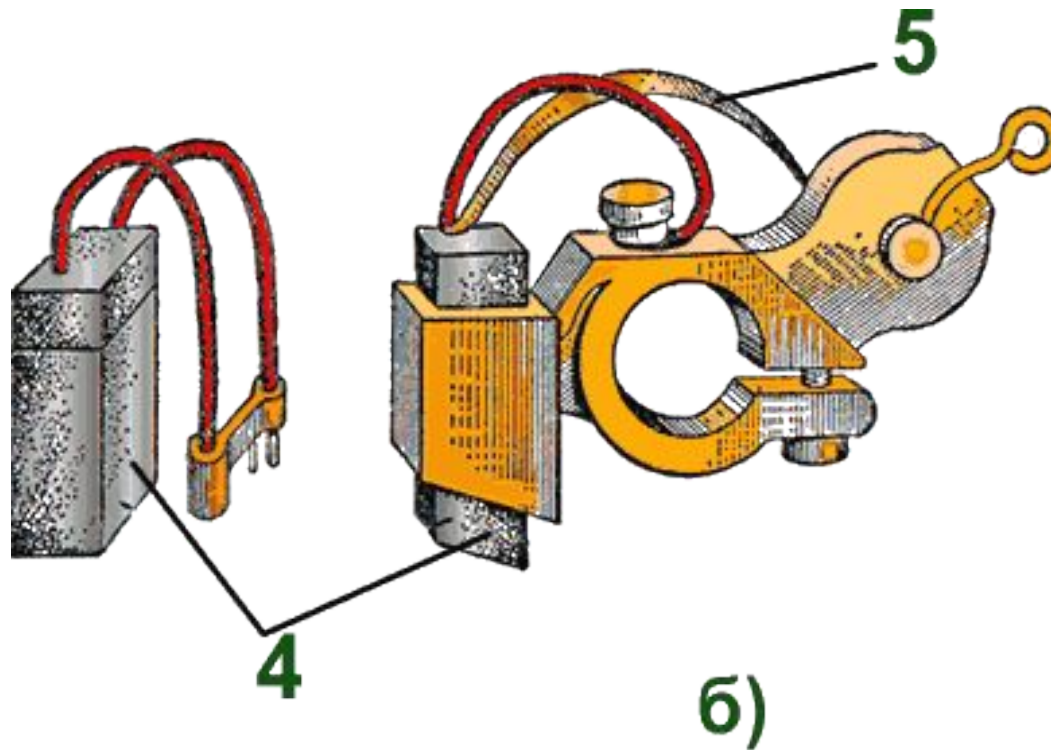
## Устройство якоря машины постоянного тока

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



## Устройство щеткодержателя

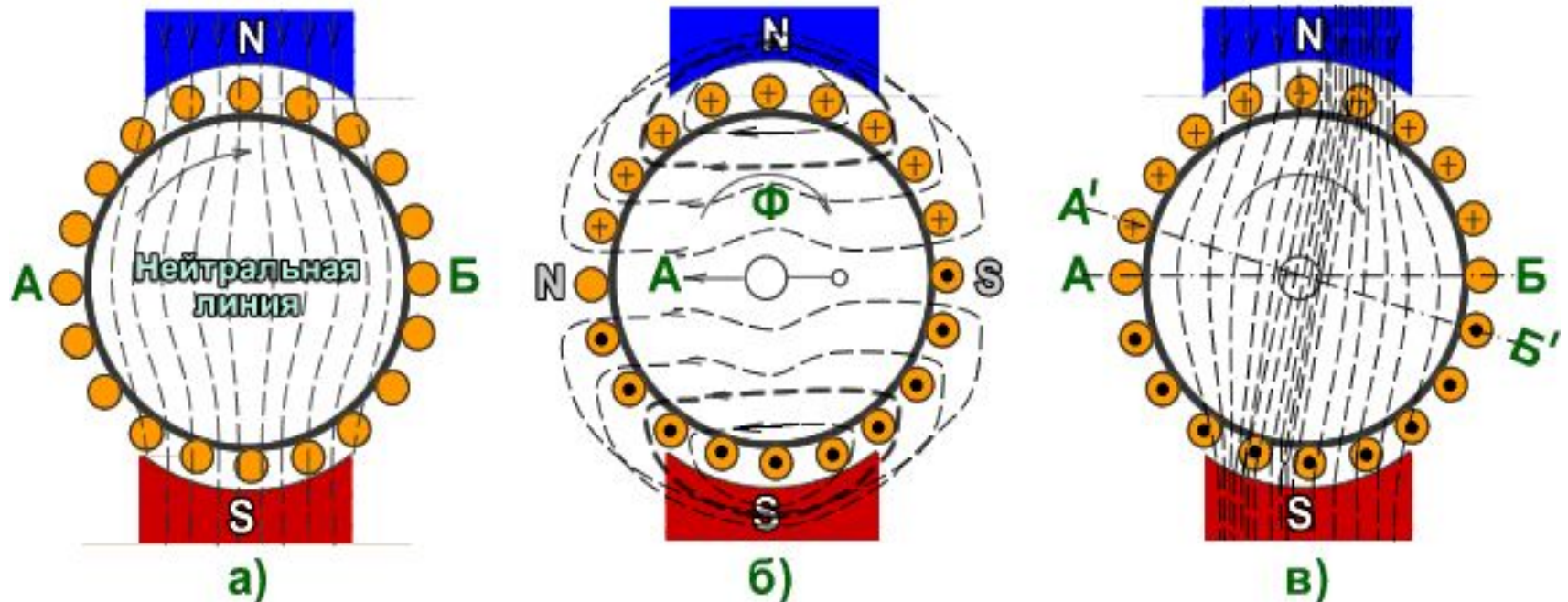
- 4 – щётки; 5 - пружины, прижимающие щётки к коллектору





## Реакция якоря

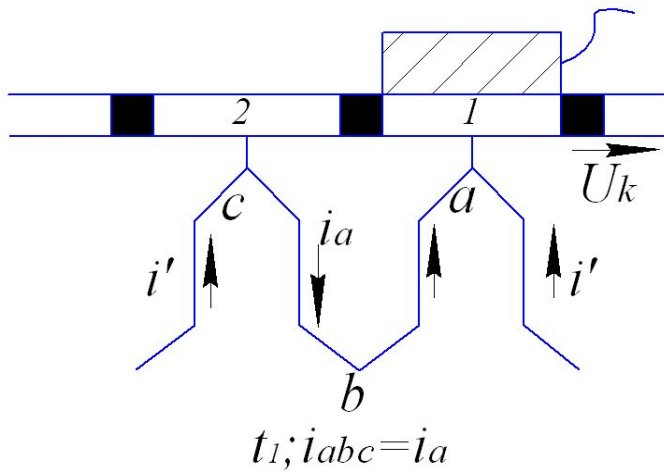
- Реакция якоря – влияние магнитного потока якоря на основной магнитный поток. Рис.а – основной магнитный поток; б – магнитный поток якоря; в – результирующий магнитный поток. А-Б – геометрическая нейтраль; А'-Б' – физическая нейтраль. Приводит к искрению под щётками, уменьшению ЭДС. Улучшение – применение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



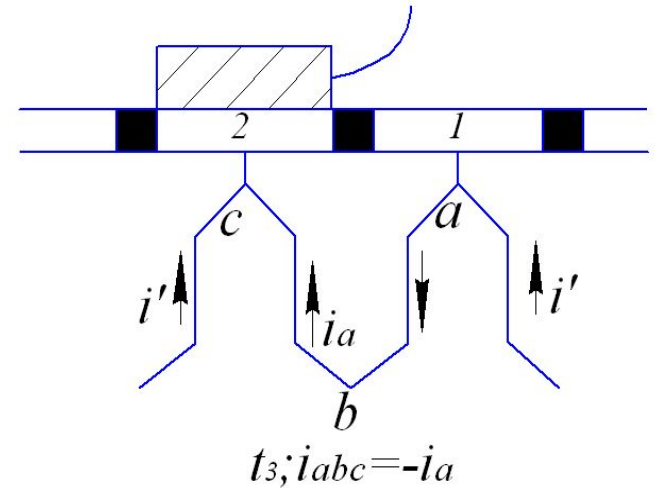
# Коммутация машин постоянного тока

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.

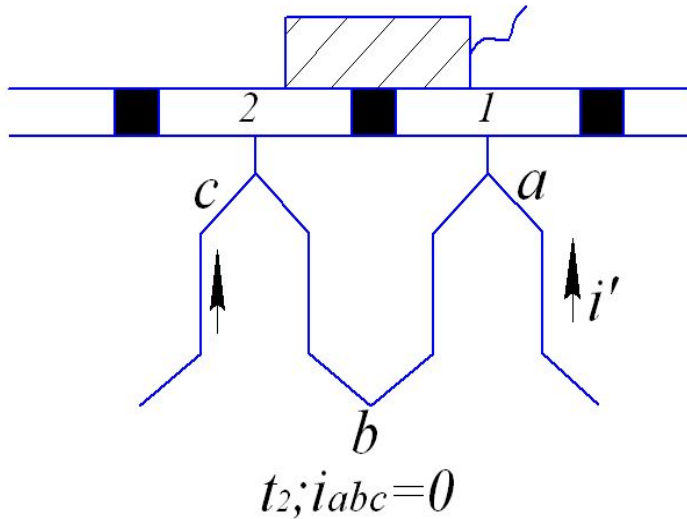
• а)



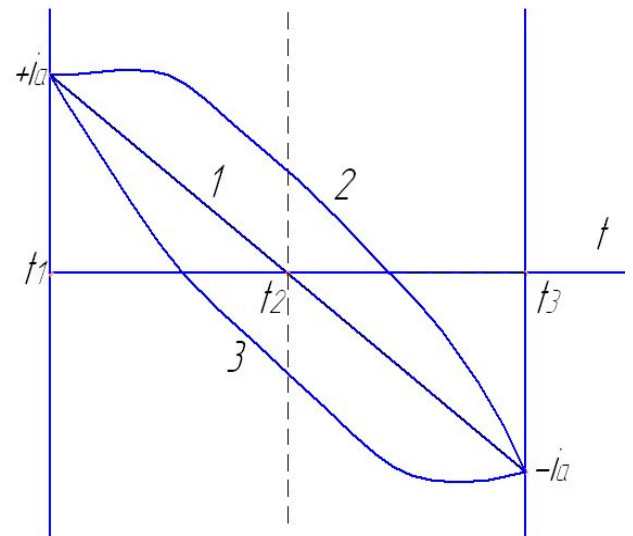
• с)

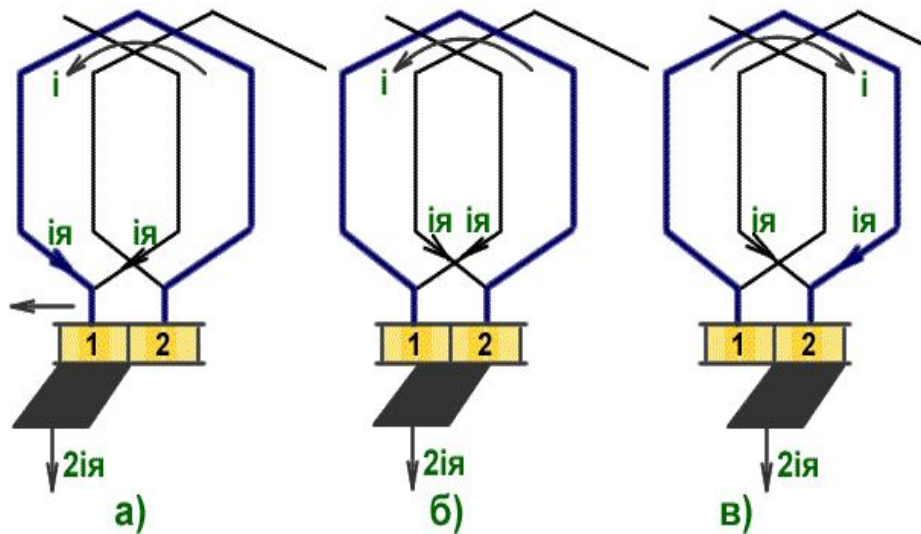


• б)



• е)





• Направление тока в коммутируемой секции обмотки якоря:

• а) до коммутации;

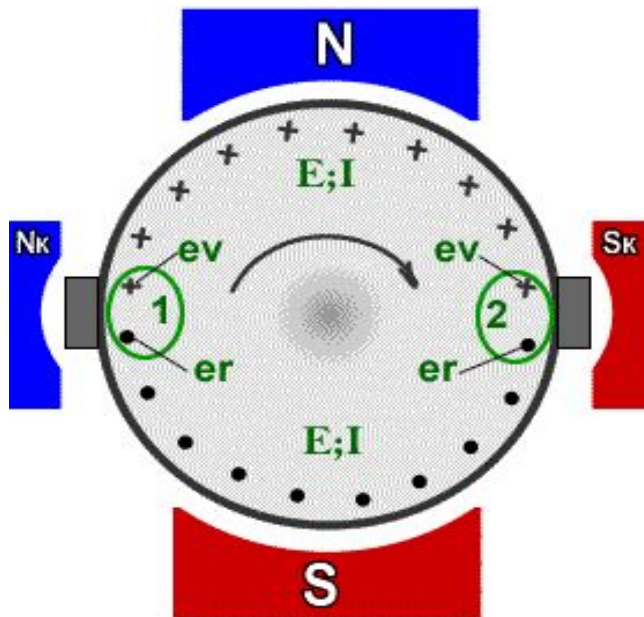
• б) при коммутации;

• 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

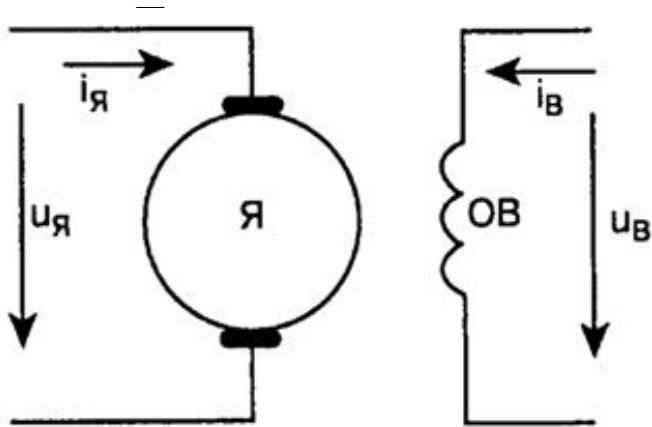


# Схемы возбуждения двигателей постоянного тока

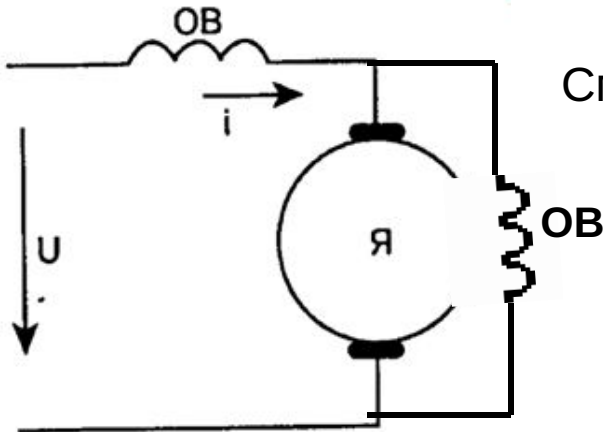
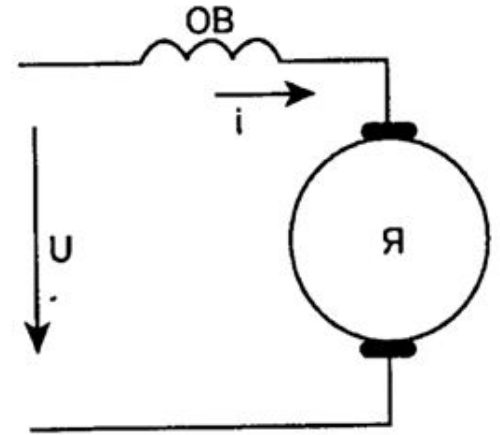
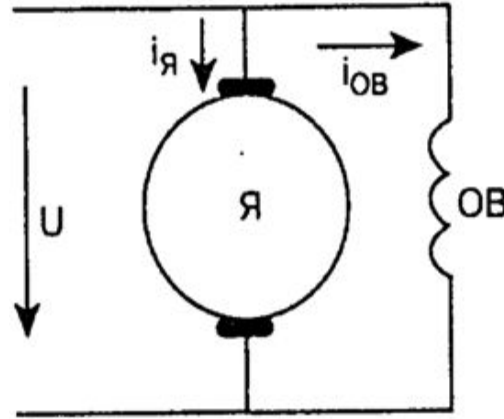
В зависимости от типа подключения обмотки возбуждения (ОВ) и схемы ее подключения относительно обмотки якоря (ОЯ) получают следующие типы ДПТ:

независимого возбуждения, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.

## • Независимое



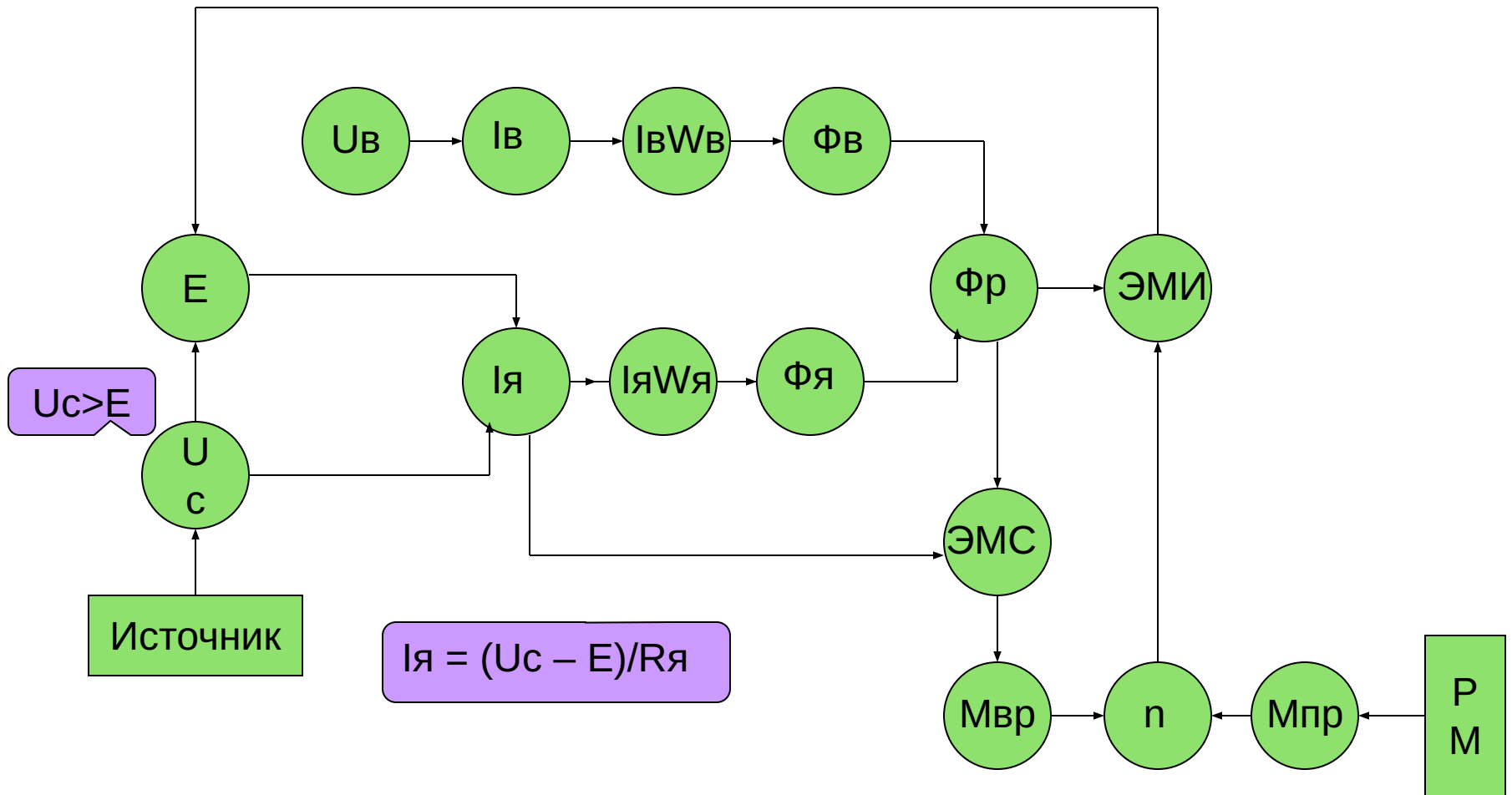
## Параллельное



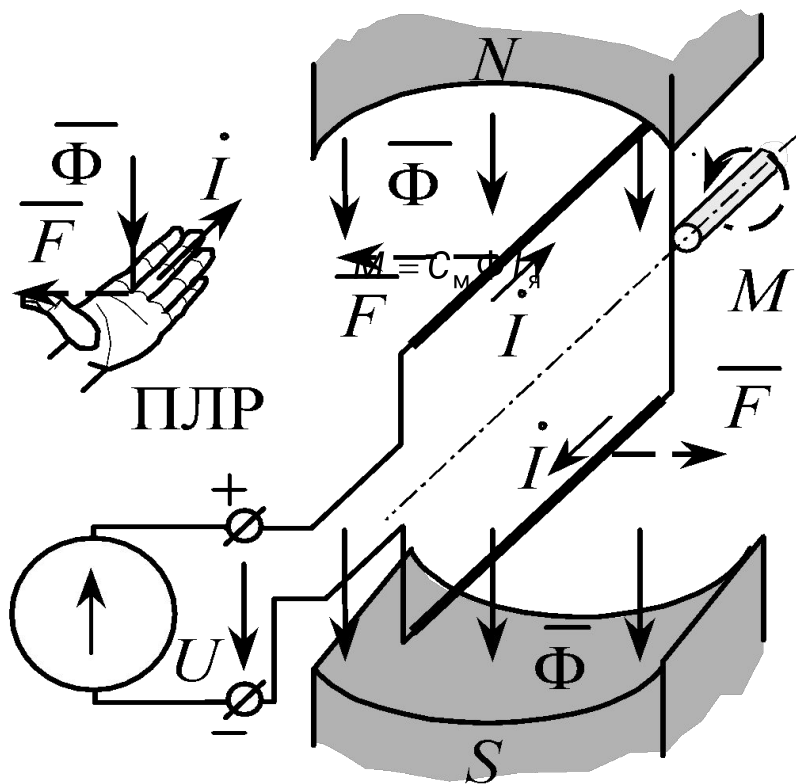
## Смешанное



# 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  $\Phi$
- 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,  $\tau$  – полюсное деление

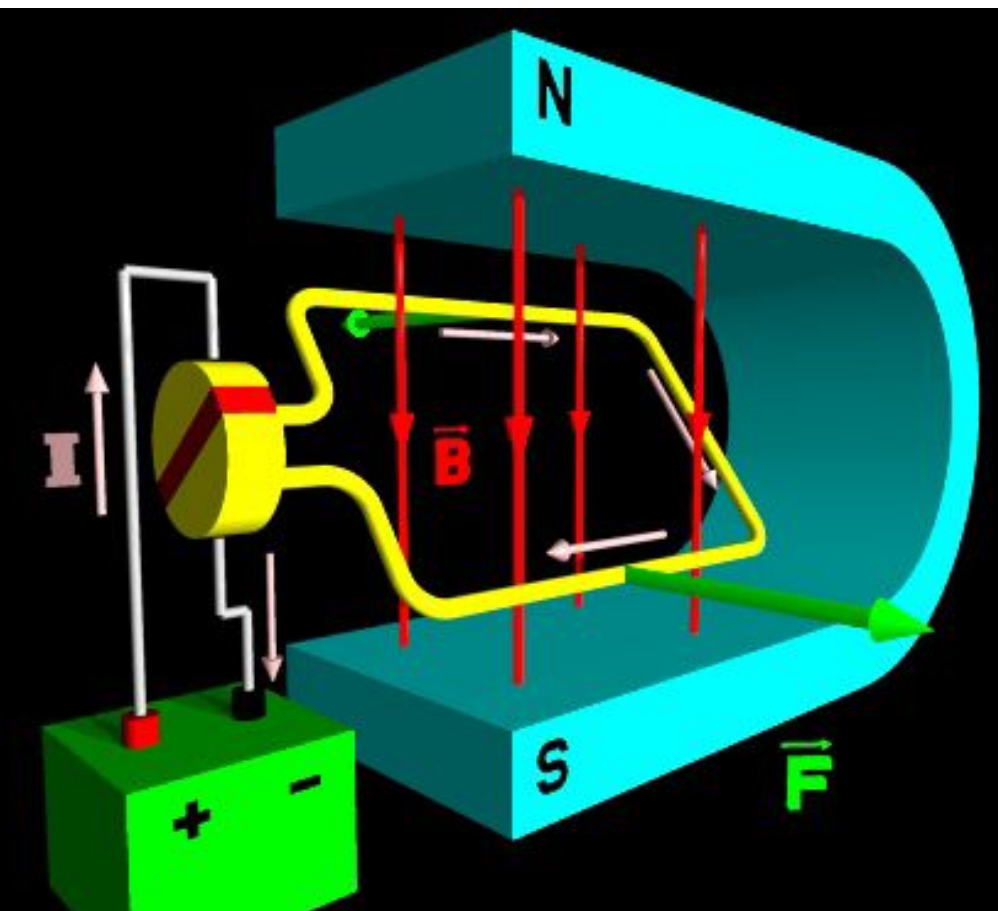
$$v = \pi D_{я} n / 60; \quad v = 2\pi r n / 60$$

$$E = (pN/(60a)) n BL, \text{ где}$$

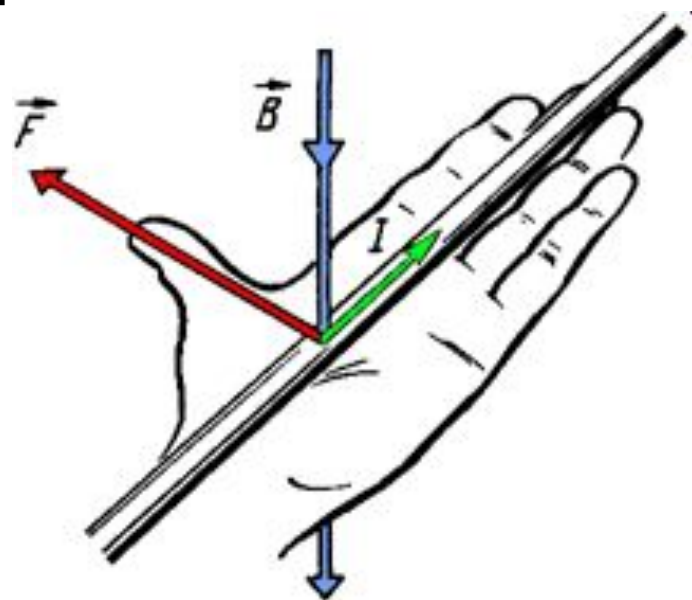
$BL = \Phi$  – магнитный поток,  $pN/(60a) = c_e = \text{const}$ ,  $n$  – частота вращения якоря

$$E \equiv c_e n \Phi$$

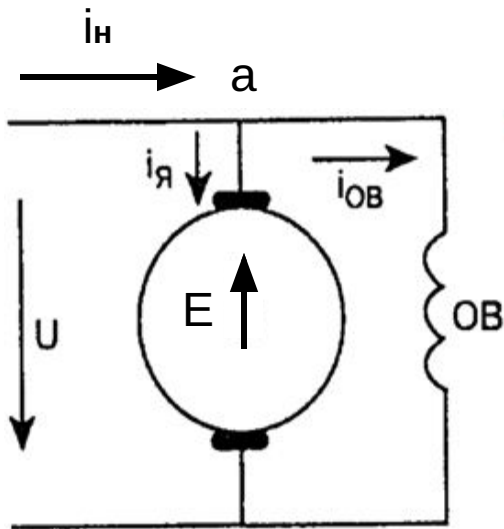
## Простейший двигатель постоянного тока



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;  $\Phi$  – 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

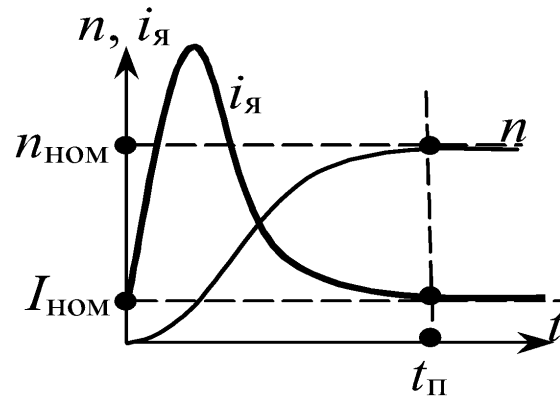
В момент пуска якорь двигателя неподвижен ( $n = 0$ ), поэтому отсутствует противоЭДС ( $E = C_e \Phi n = 0$ ).

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.

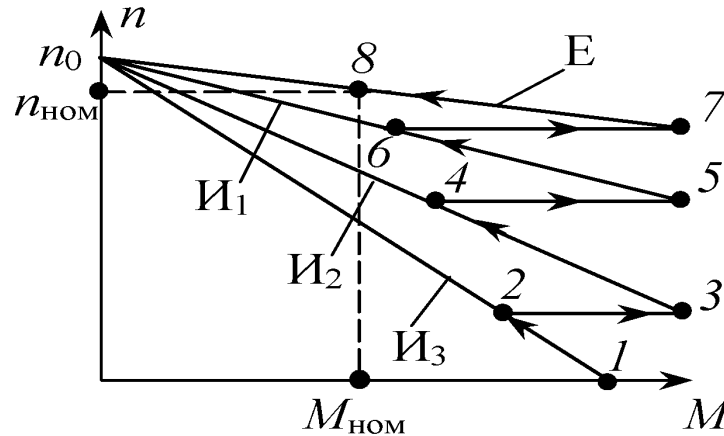


Существуют три способа пуска:

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

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

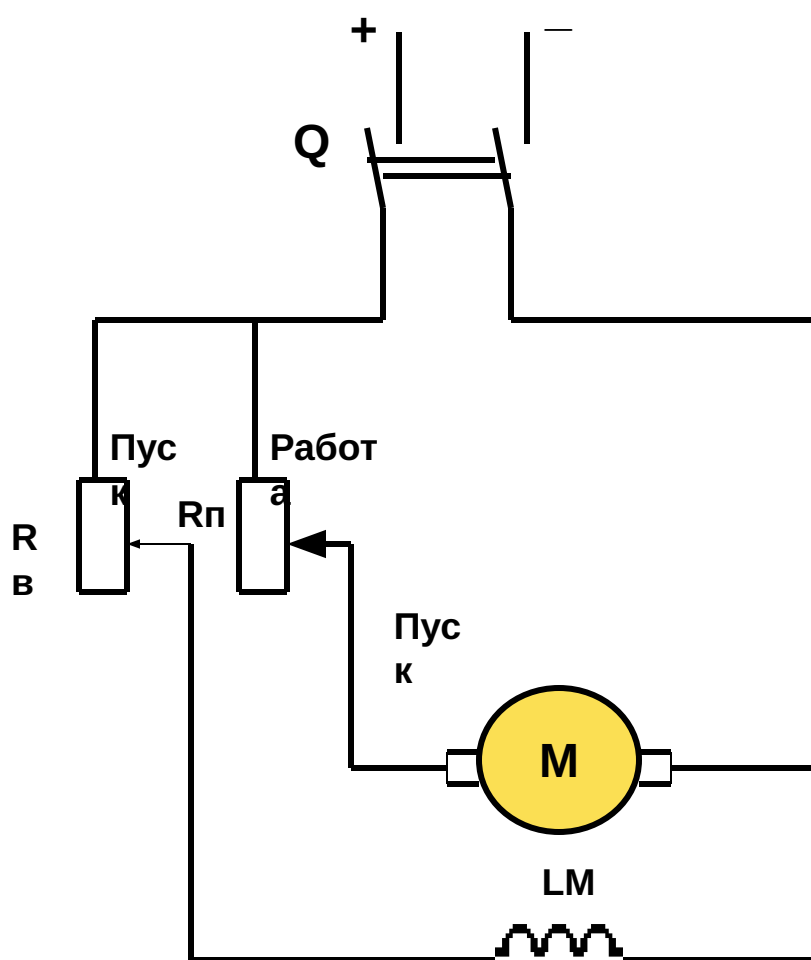


Сопротивление реостата  $R_p$  рассчитывают так, чтобы для машин средней и большой мощности обеспечить  $I_{п} = (1,4 \div 1,8)I_{ном}$ , а для машин малой  $I_{п} = (2 \div 2,5)I_{ном}$ . Обычно по мере разгона двигателя сопротивление  $R_p$  ступенчато выводят до нуля..

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.

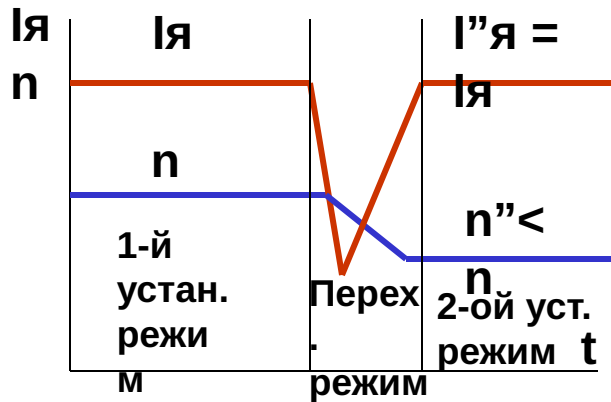
$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R_{я} M}{C_E C_M \Phi^2}$$



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



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

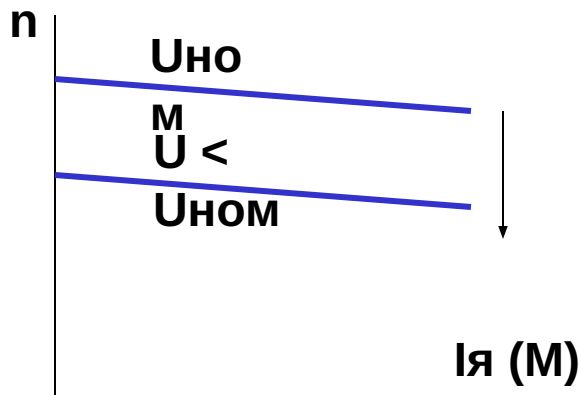
Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

При уменьшении напряжения:

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

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

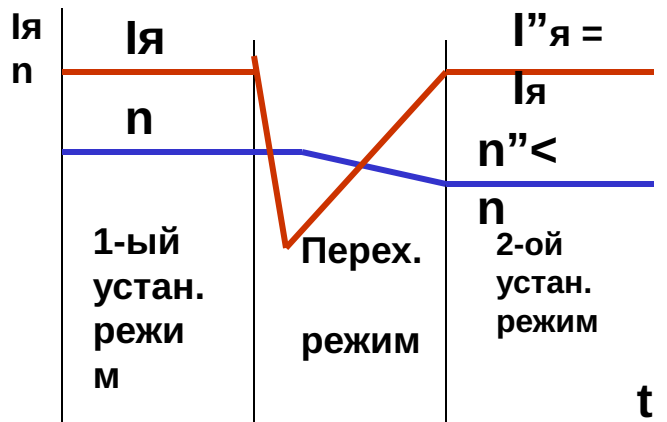


Данный способ применяется в диапазоне регулирования 1:10...1:20 вниз.

Экономичен при  $M_c = \text{const}$ .

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

# Регулирование частоты вращения реостатом в цепи якоря

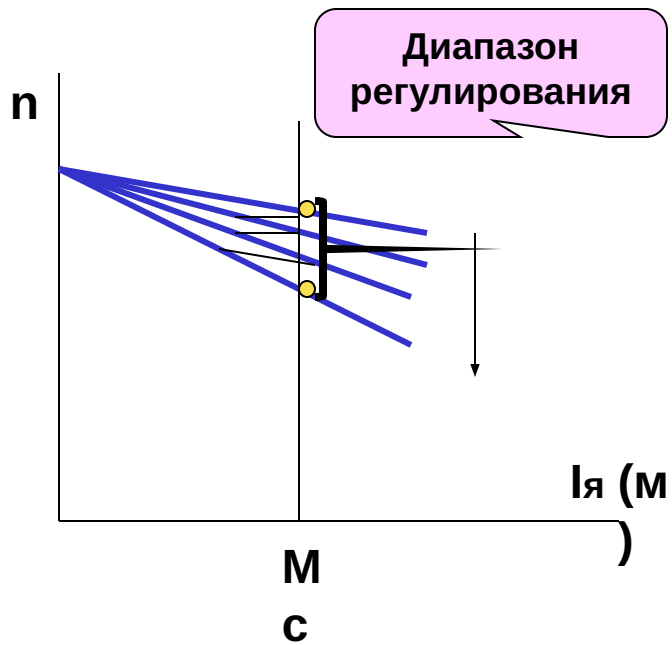


$$n = (U - R_{я}I_a) / (c_e\Phi) = U / (c_e\Phi) - R_{я}I_a / (c_e\Phi)$$

Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

При введении реостата в цепь якоря

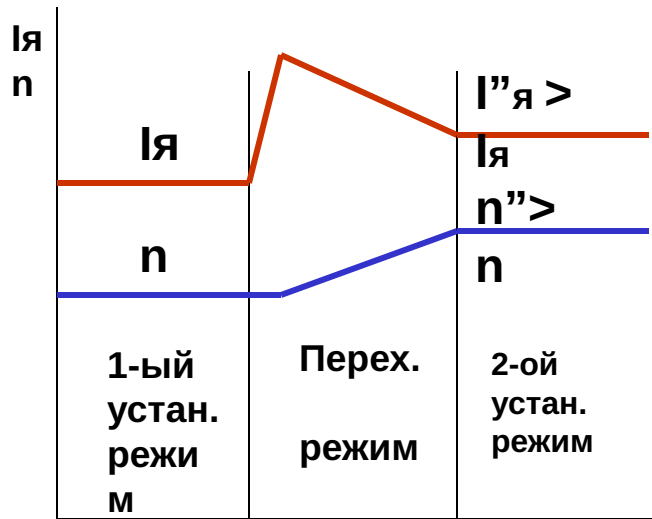


$$R_{я} \uparrow \quad I_a \downarrow \quad M_{вр} \downarrow < M_c \rightarrow n \downarrow \quad E \downarrow \quad I_a'' \uparrow = I_a \text{ при } n'' < n$$

КПД =  $E I_a / (U I_a)$  - уменьшается

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

# Регулирование частоты вращения якоря изменением магнитного потока



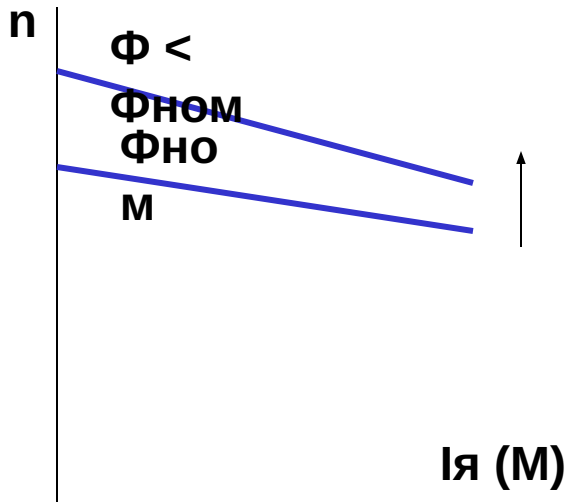
$$n = (U - R_{я} I_{я}) / (c_e \Phi) = U / (c_e \Phi) - R_{я} I_{я} / (c_e \Phi)$$

Частота вращения в режиме х.х.

Наклон хар-ки

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

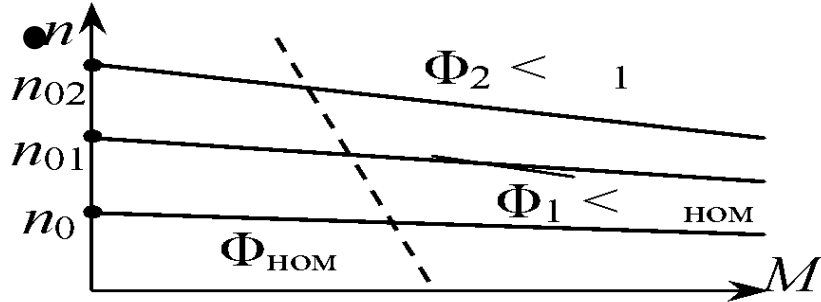
Данный способ применяется в диапазоне регулирования 1:2, а в спец. исполнении 1:6. Экономичность связана с характером изменения  $M_c$ . При ум. магнитного потока уменьшается  $M_{вр}$ . При  $M_c = \text{const}$  для сохранения равенства моментов должен возрасти ток якоря. Следовательно, двигатель полностью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



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

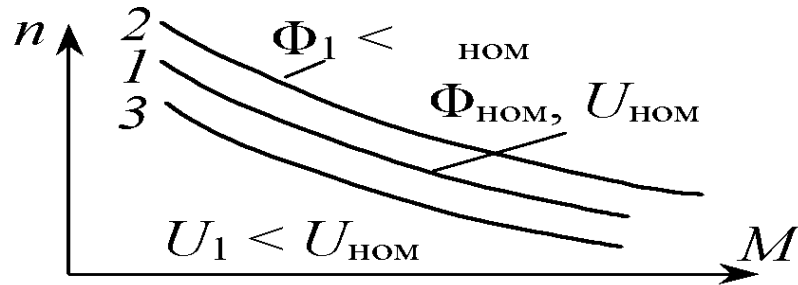
# Изменение механических характеристик при регулировании частоты вращения якоря

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

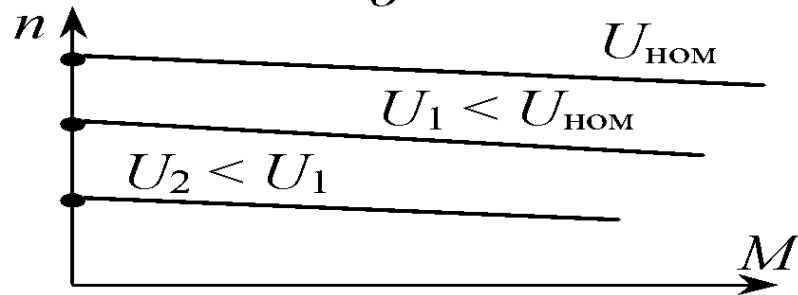


*а*

Все способы регулирования частоты вращения ДПТ плавные



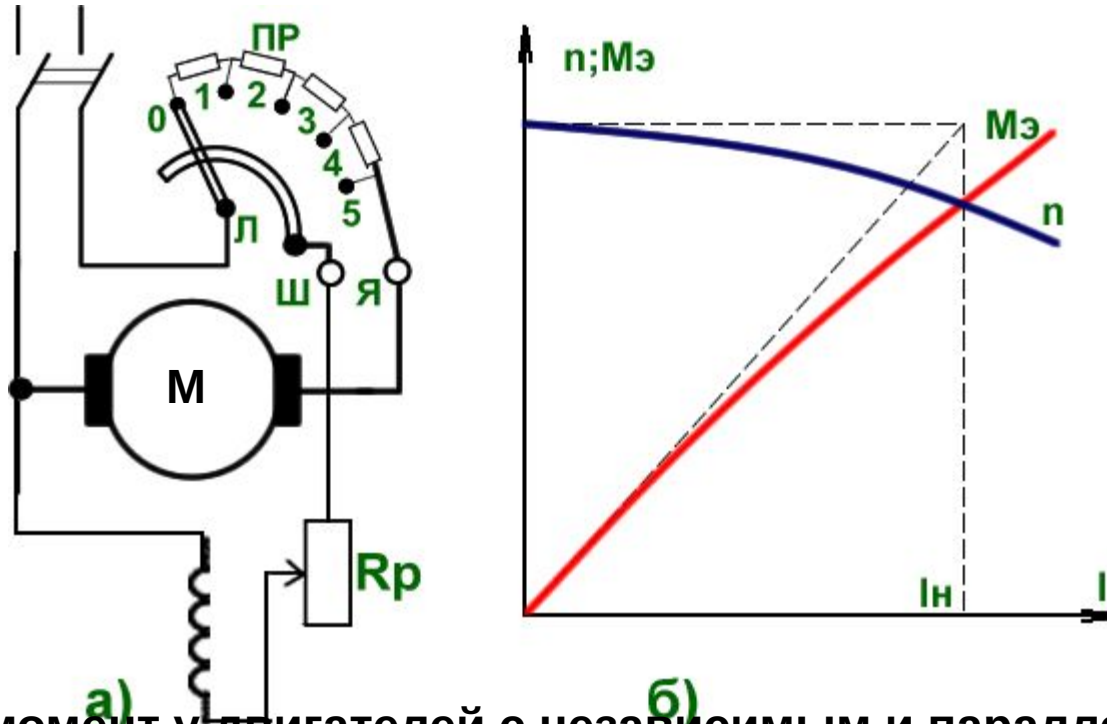
*б*



*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



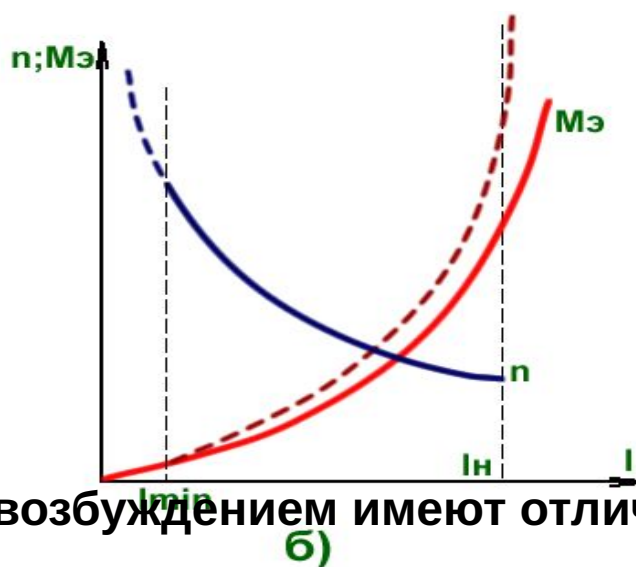
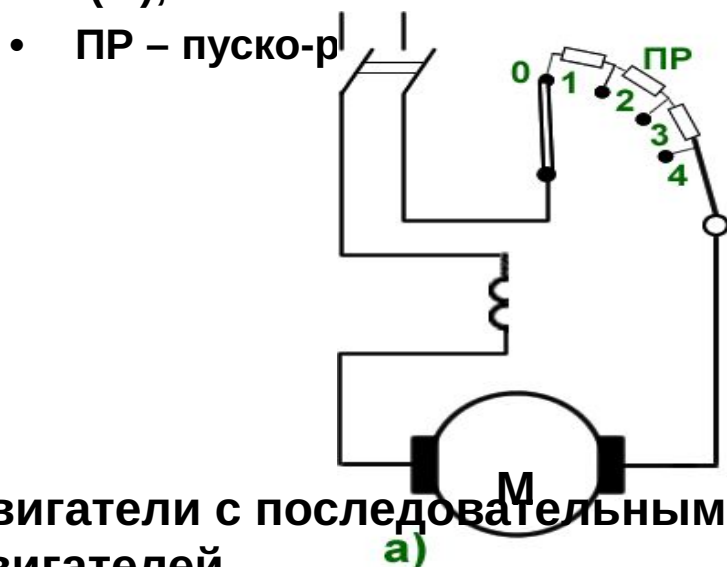
Вращающий момент у двигателей с независимым и параллельным возбуждением

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

$$M = C_M \cdot \Phi \cdot I_{Я}$$

# 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  $\Phi$ .

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: Последняя формула показывает, что чем больше нагрузка на двигатель, 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.).

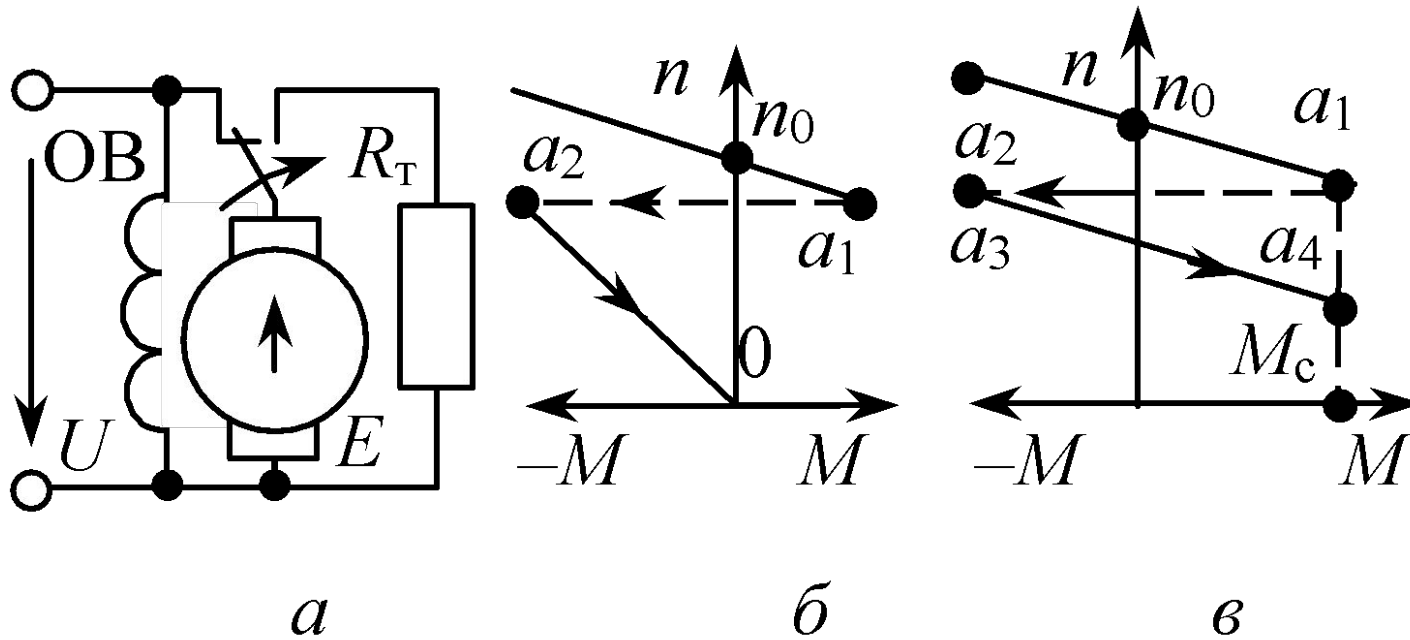
Реверсирование или изменение направления вращения двигателей постоянного

тока может осуществляться изменением полярности тока либо в обмотке



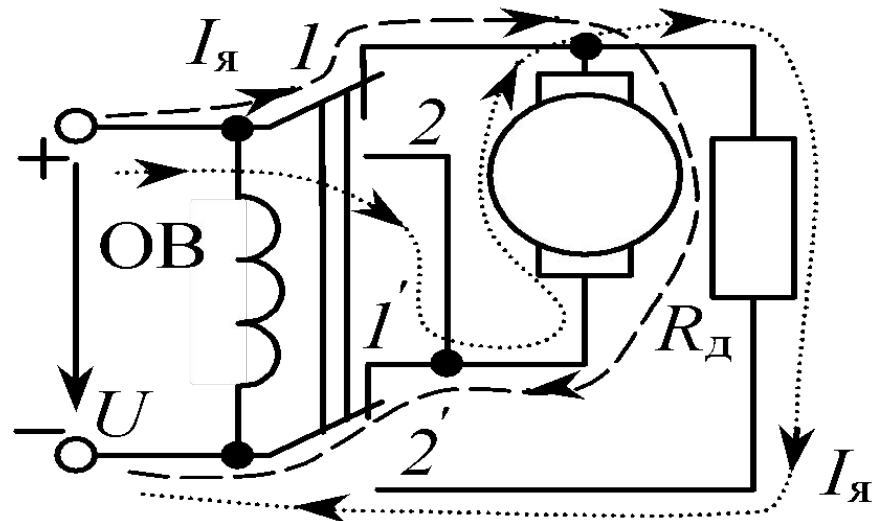
## Способы торможения двигателей постоянного тока

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

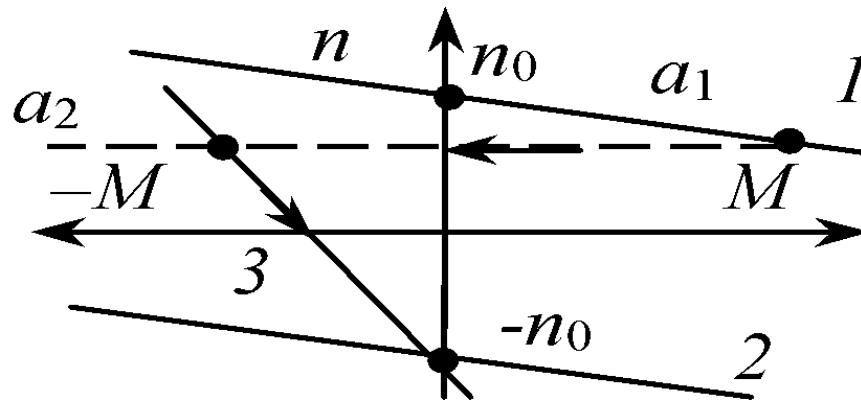


- **Схема (а) и диаграмма :**
- **(б) - динамического торможения,**
- **(в) - диаграмма рекуперативного торможения**

# Схема (а) и диаграмма (б) торможения противовключением



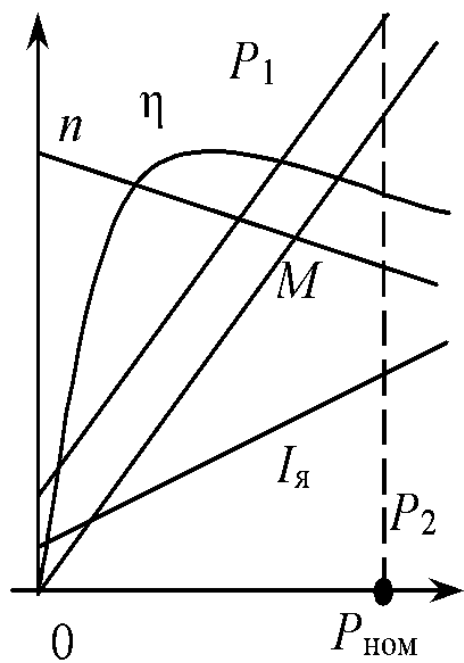
а



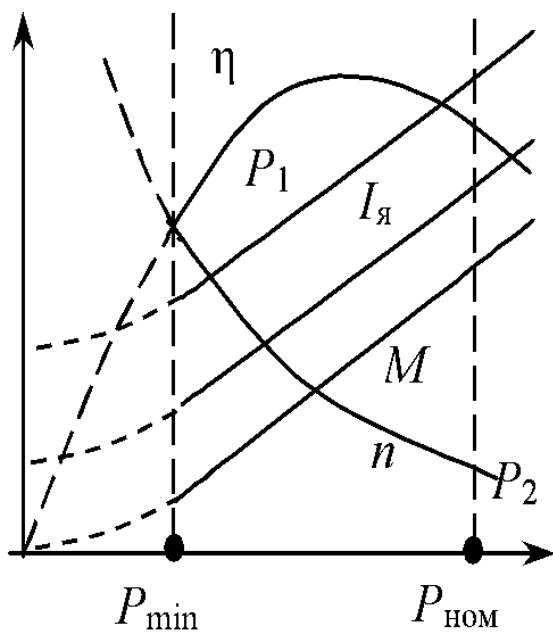
б

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

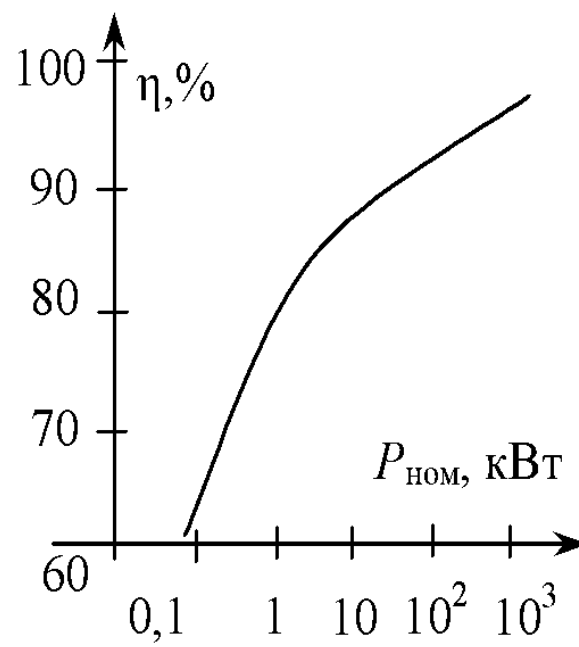
# Рабочие характеристики и КПД двигателей постоянного тока



*a*



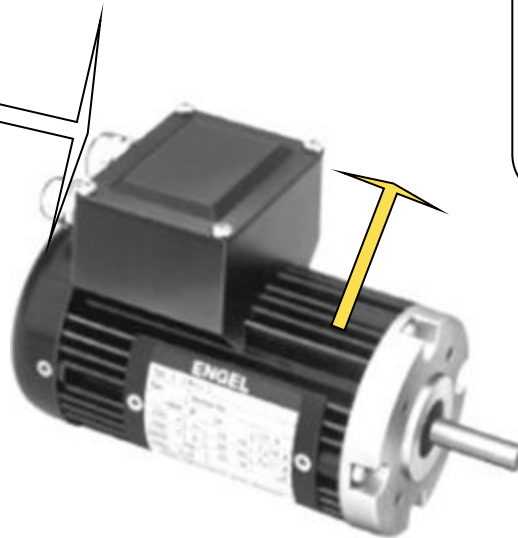
*б*



*в*

# Коэффициент полезного действия двигателей постоянного тока

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

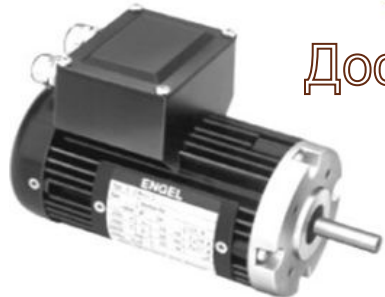


$P_{\text{потерь}}$  - потери электрической  
энергии в обмотке якоря ( $P_{\text{я}}$ ),  
возбуждения ( $P_{\text{в}}$ ), механические  
потери ( $P_{\text{мех}}$ ), Вт

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

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

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



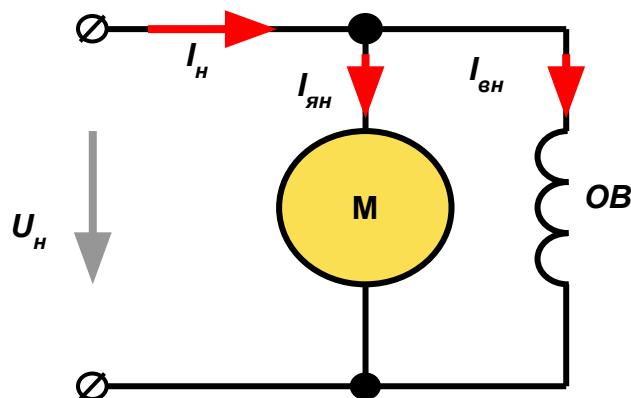
## Достоинства и недостатки двигателей постоянного тока

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

## Задачи

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

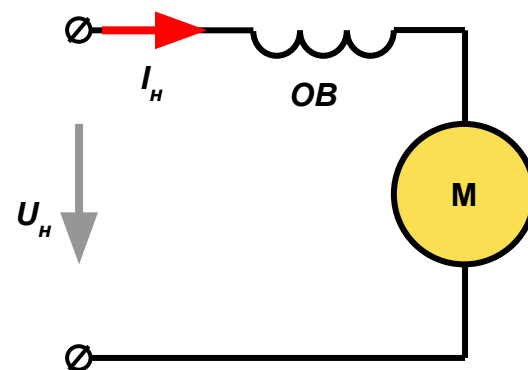
$U_H$ , В	$P_{2H}$ , кВт Т	$n_H$ , об/мин	$\eta_H$	$R_B$ , Ом	$I_H$ , А
220	2,8	3000	0,855	190	14,9



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  $\omega_H$  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  $\eta_H$ , сопротивление ОВ  $R_B$  и номинальный ток  $I_H$ .

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



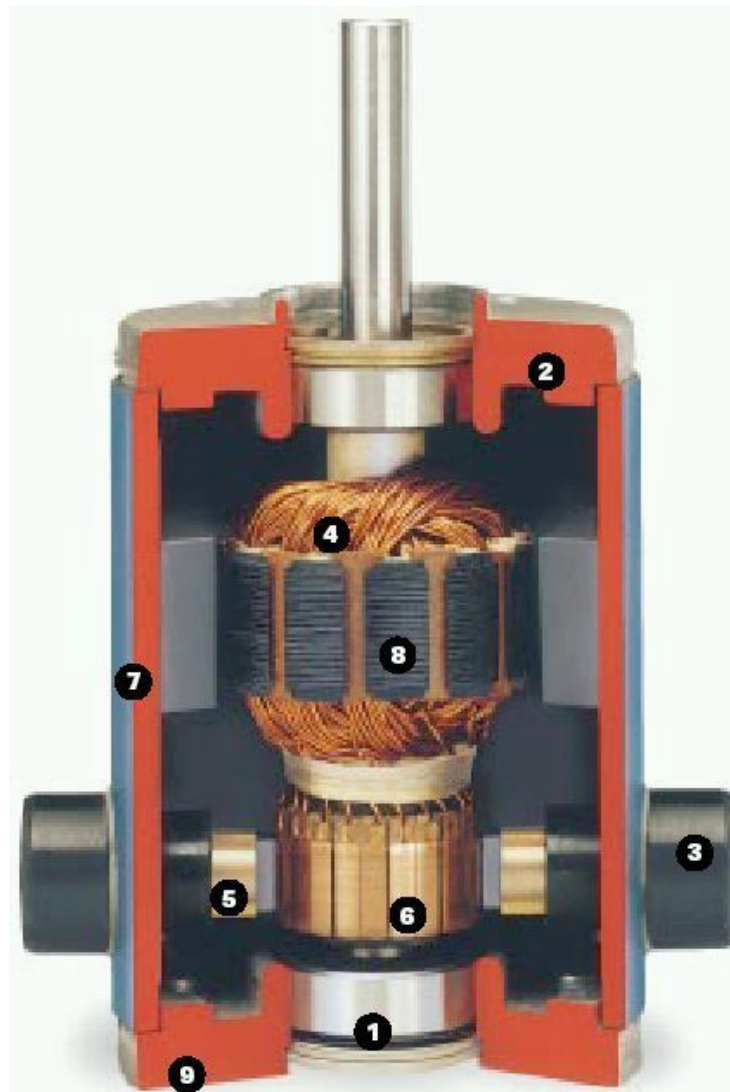
Найти:  
 Номинальную потребляемую мощность  $P_{потр}$ , Вт;  
 Номинальный ток,  $I_H$ , А;  
 Номинальный момент,  $M_H$ , Нм;  
 Номинальную угловую частоту вращения  $\omega_H$  рад/сек;  
 Суммарные потери двигателе,  $P_{потерь}$ , Вт



## Контрольные вопросы

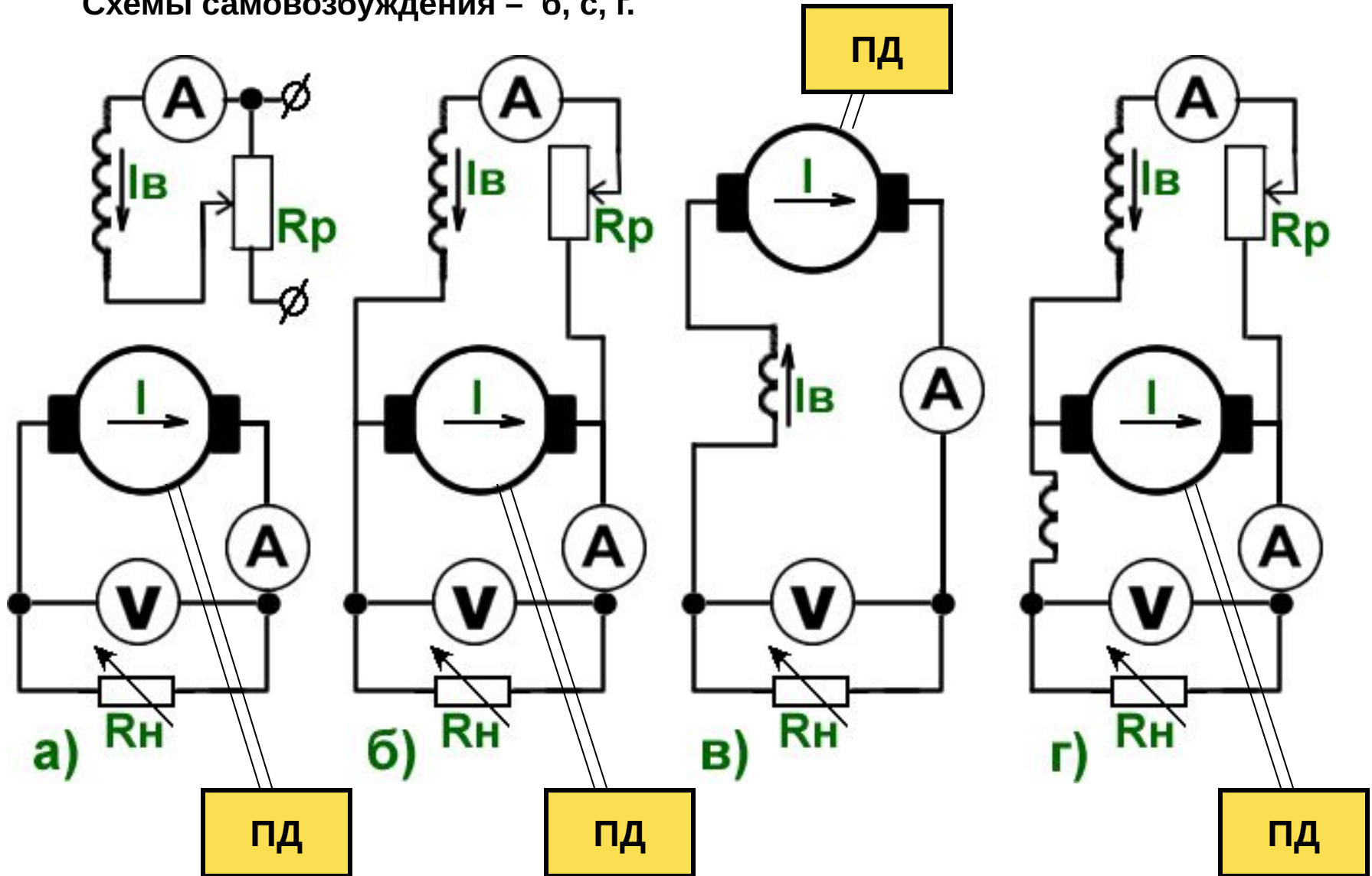
1. **Что такое режим холостого хода и короткого замыкания для двигателя постоянного тока?**
2. **Какие функции выполняет коллектор и щетки двигателя постоянного тока?**
3. **Что такое механическая характеристика, рабочие характеристики?**
4. **Способы возбуждения двигателя постоянного тока**
5. **На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



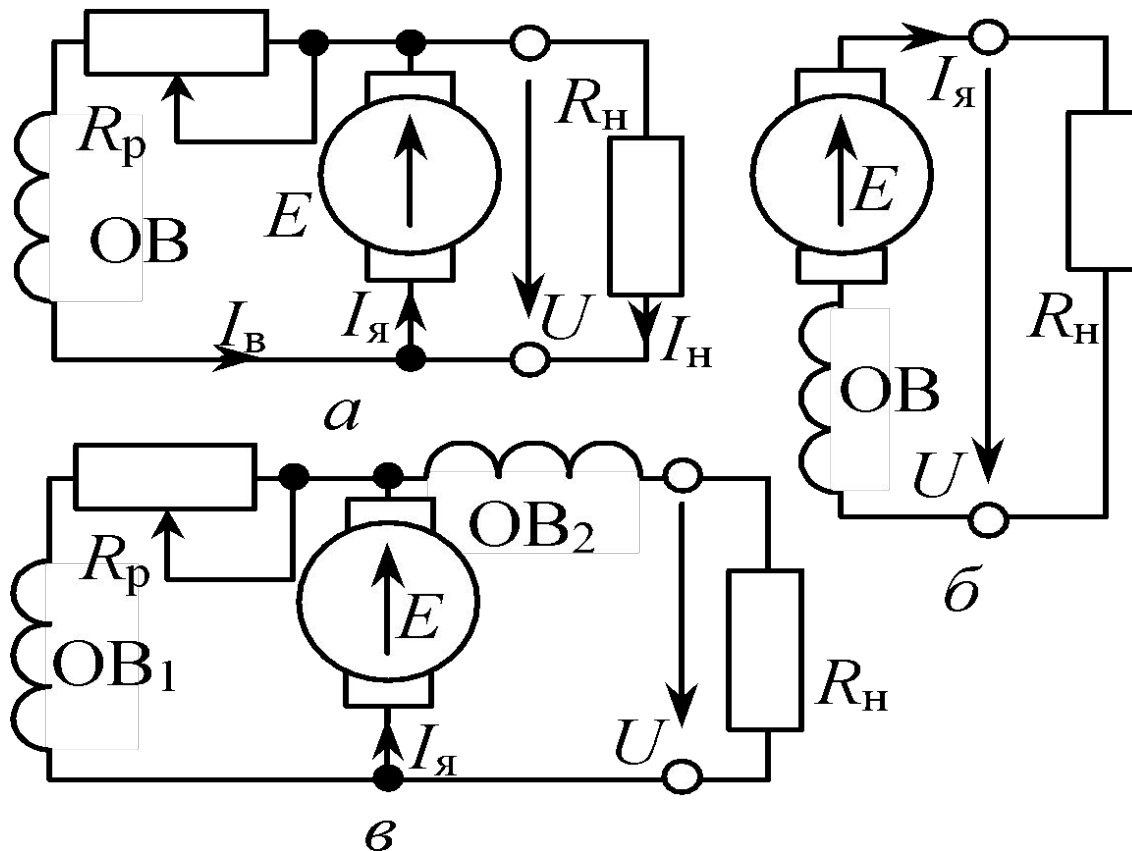
# Способы возбуждения генераторов постоянного тока

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

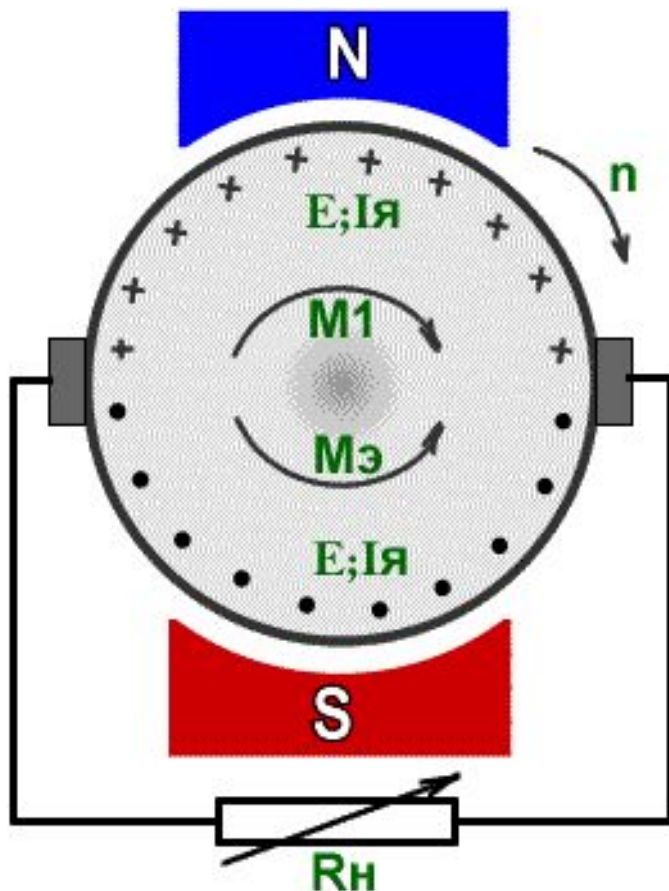


## Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока

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

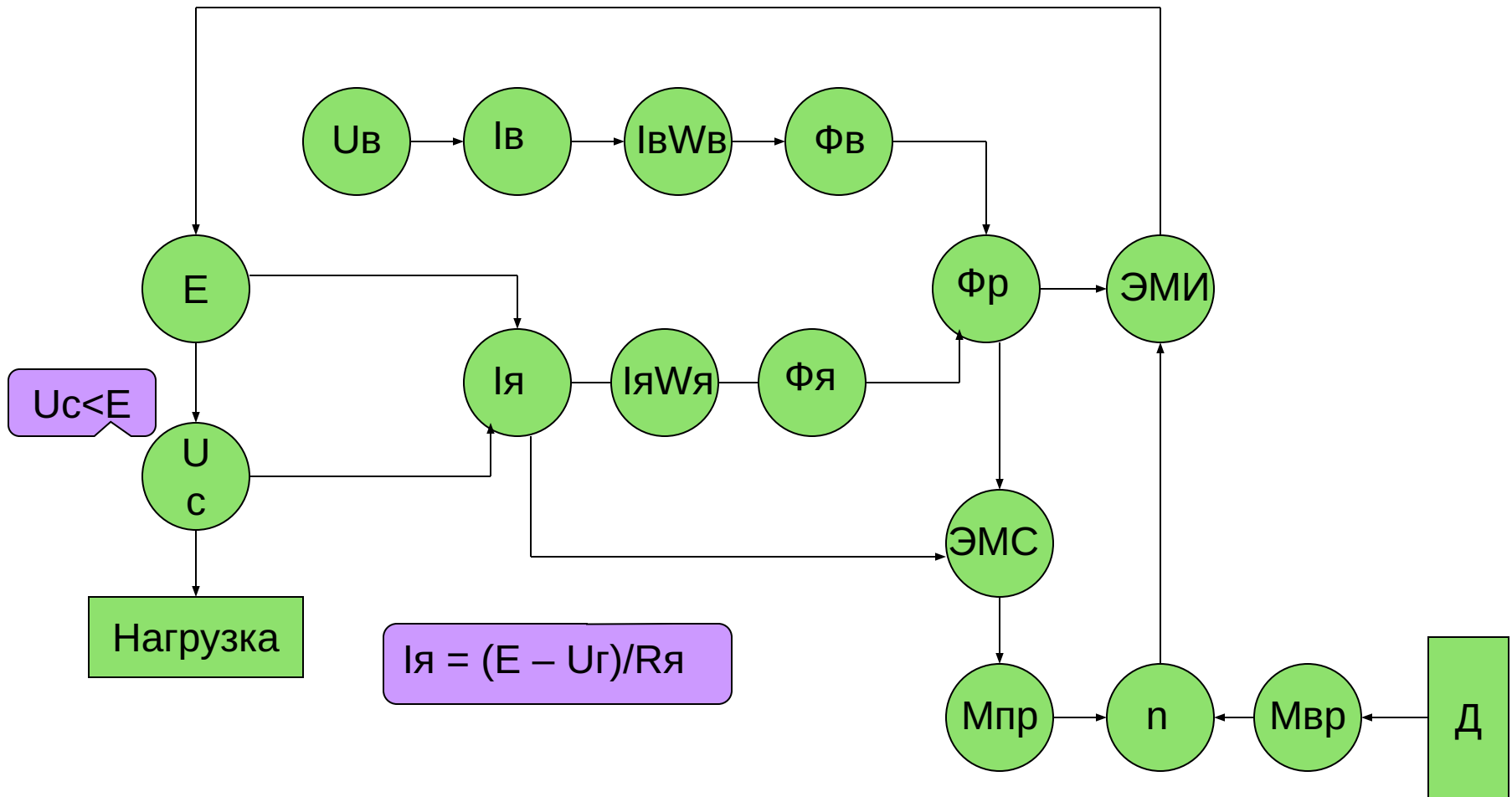


## Принцип работы генератора постоянного тока



- 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

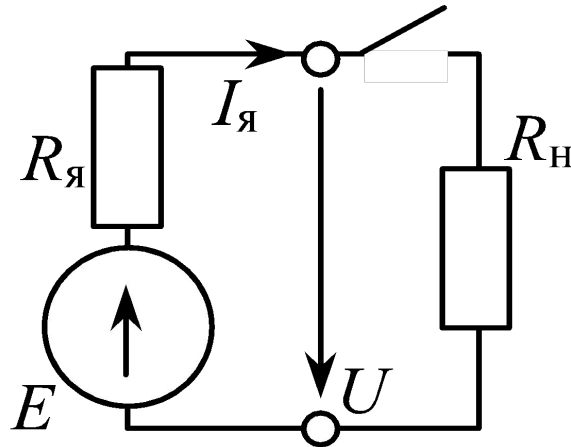


Схема замещения якоря ГПТ

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:

$$I_{я} = I_{н} + I_{в}$$

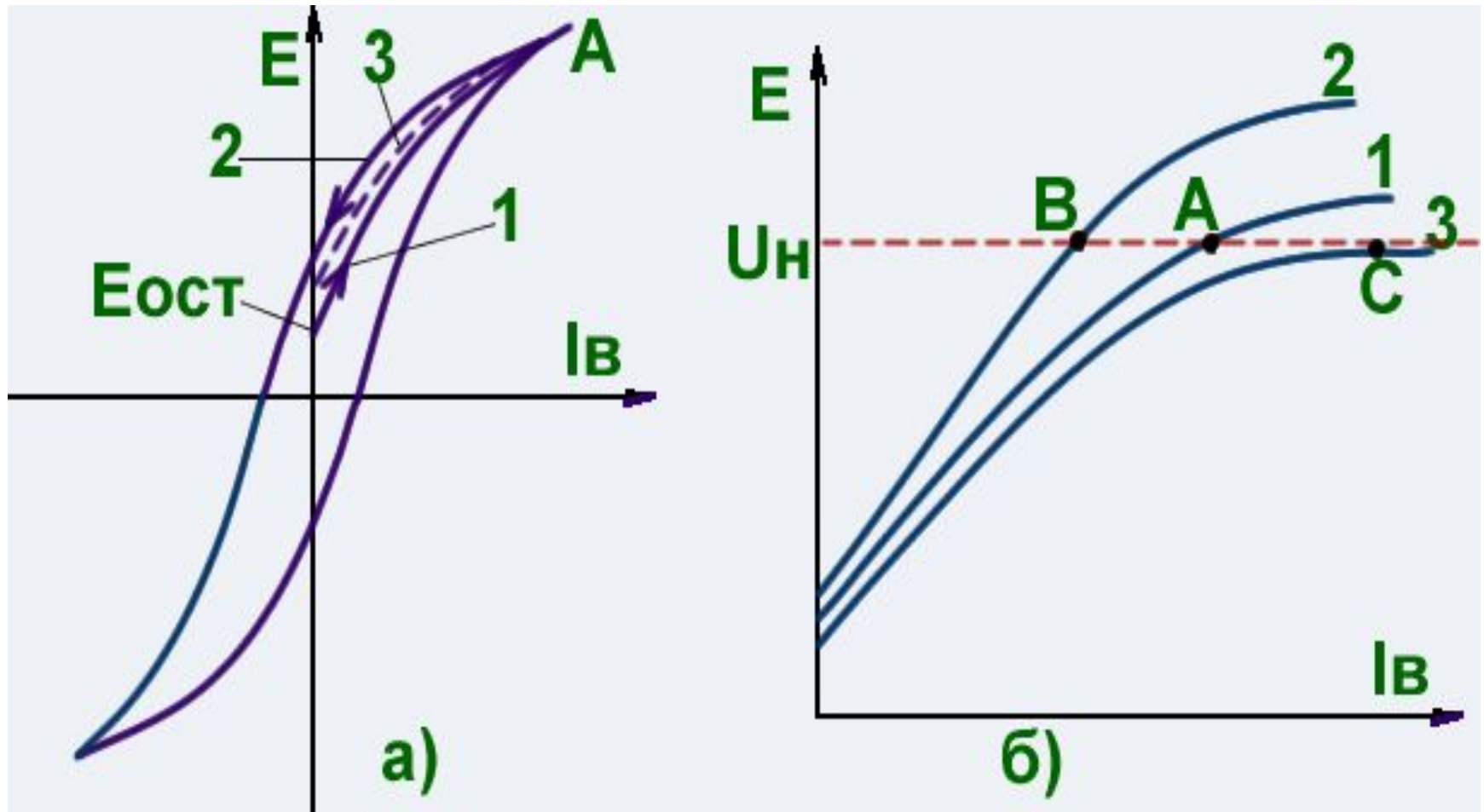


# Характеристики холостого хода $E = f(I_B)$ генератора постоянного тока с

НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

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

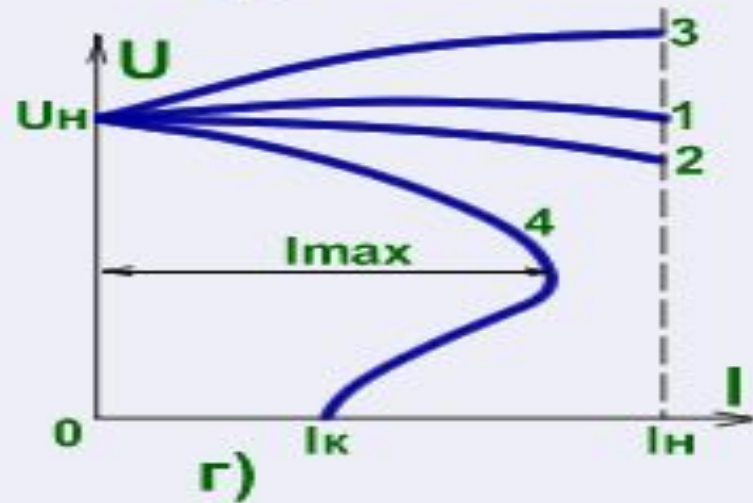
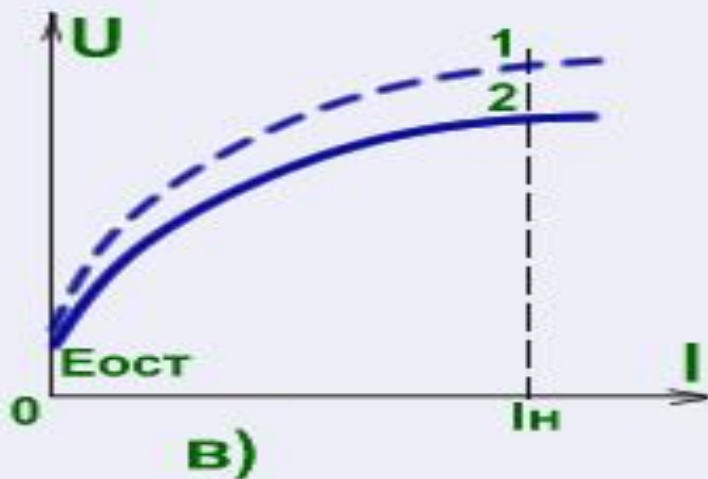
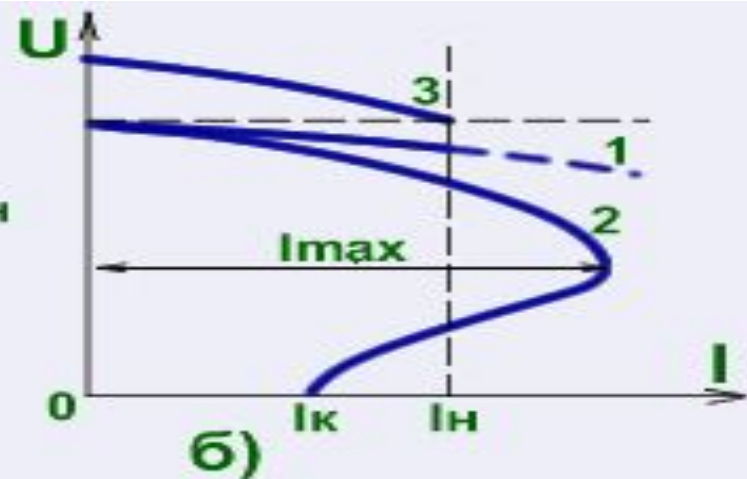
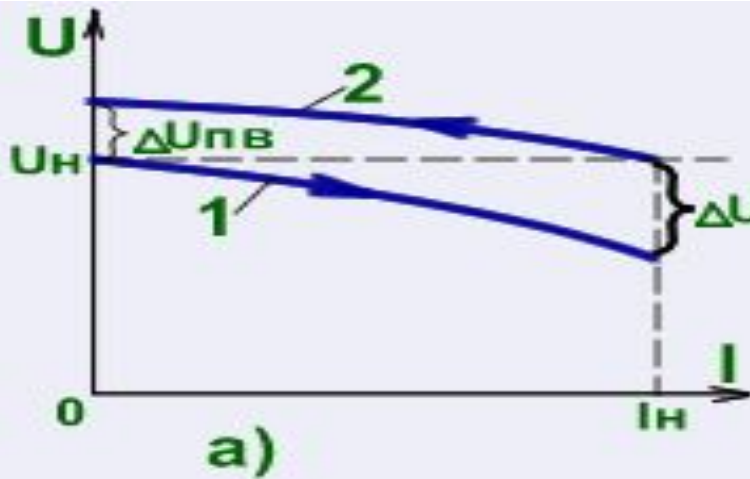
Рис. б – при изменении частоты вращения якоря; 1 – при  $n$  ном.; 2 – при  $n > n$  ном; 3 – при  $n < n$  ном



# 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  $0,4 \text{ A}$  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)  $U_{\text{я}} = 102,8 \text{ В}$ .

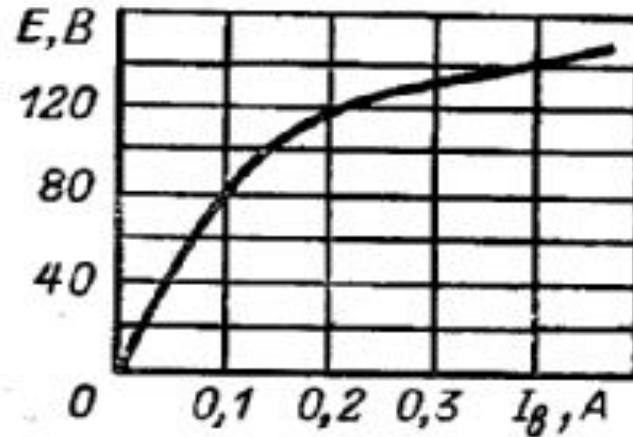


Рис. 9.12

### 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.