

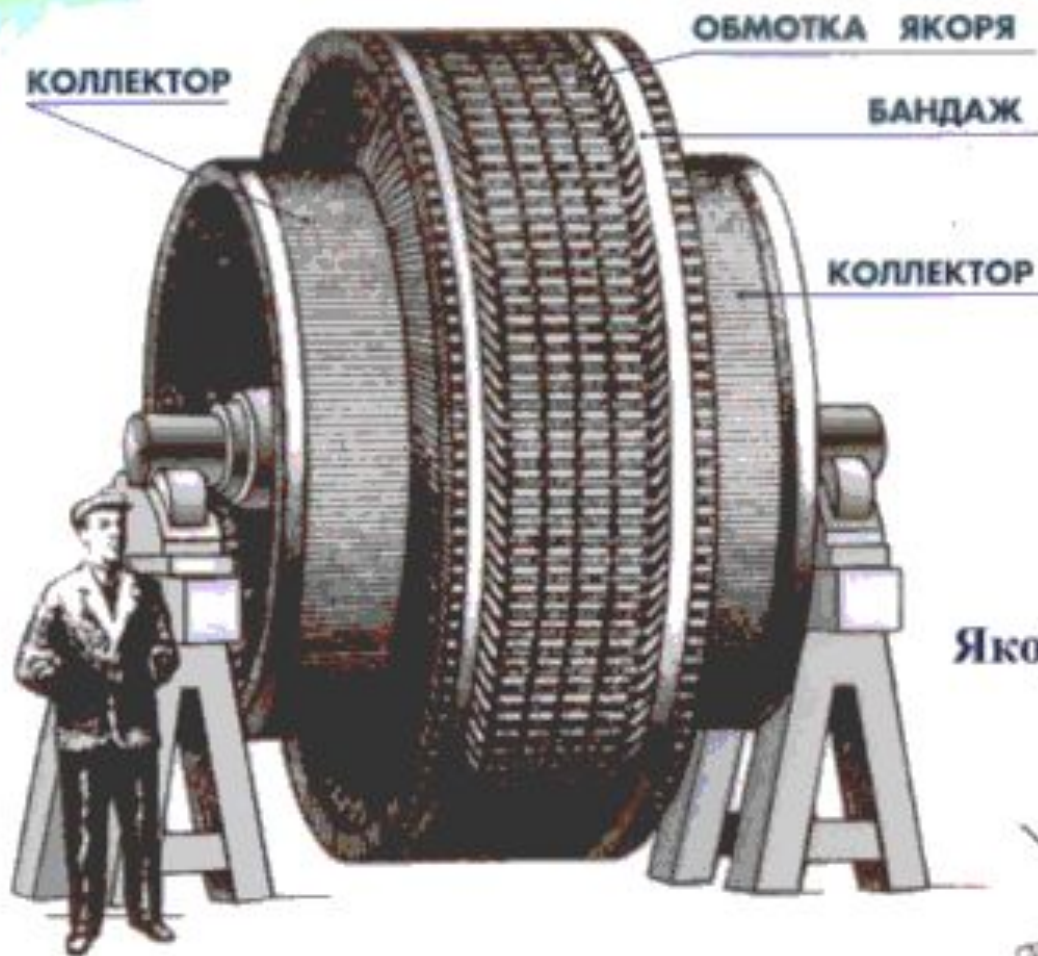
# Рекомендуемая литература

1. Токарев Б.Ф. Электрические машины.
2. Электротехника. Учеб. пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1976.
3. Вольдек А.И. Электрические машины.
4. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов.
5. Проектирование электрических машин / под ред. И.П. Копылова.

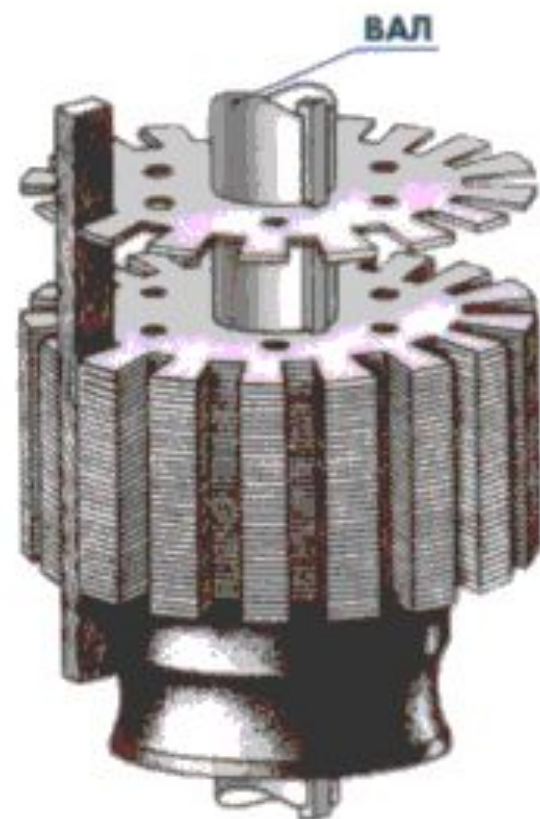


## ЯКОРЬ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

### Якорь машины большой мощности



### Сборка якоря



### Якорь генератора на 0,2 квт



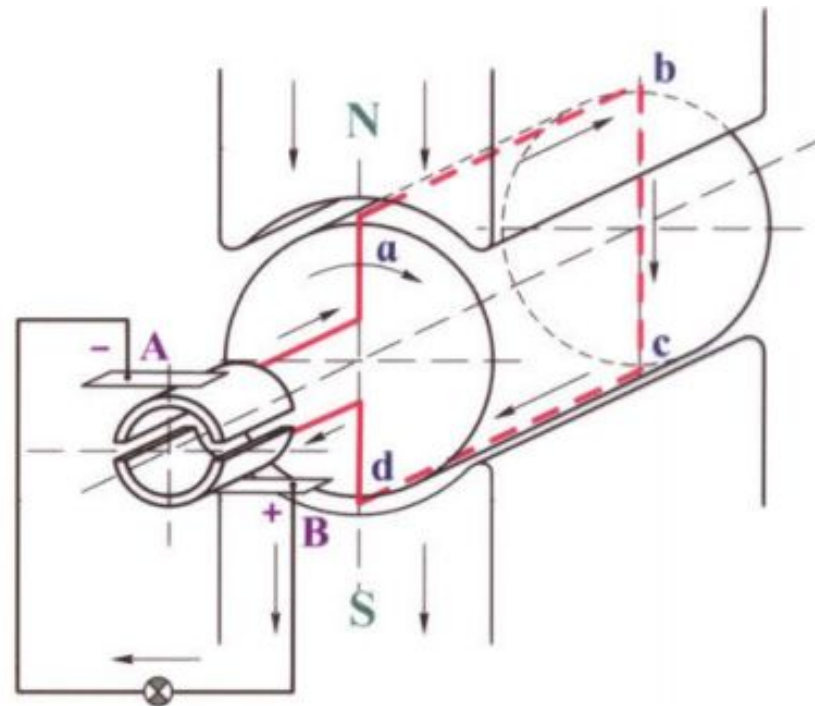
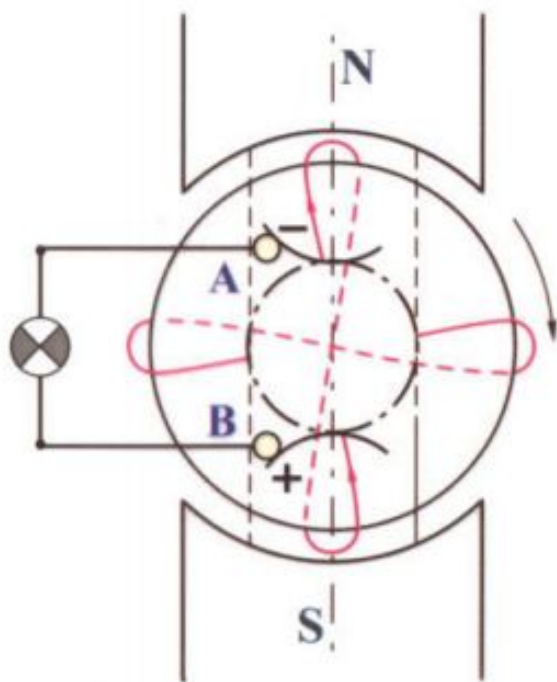
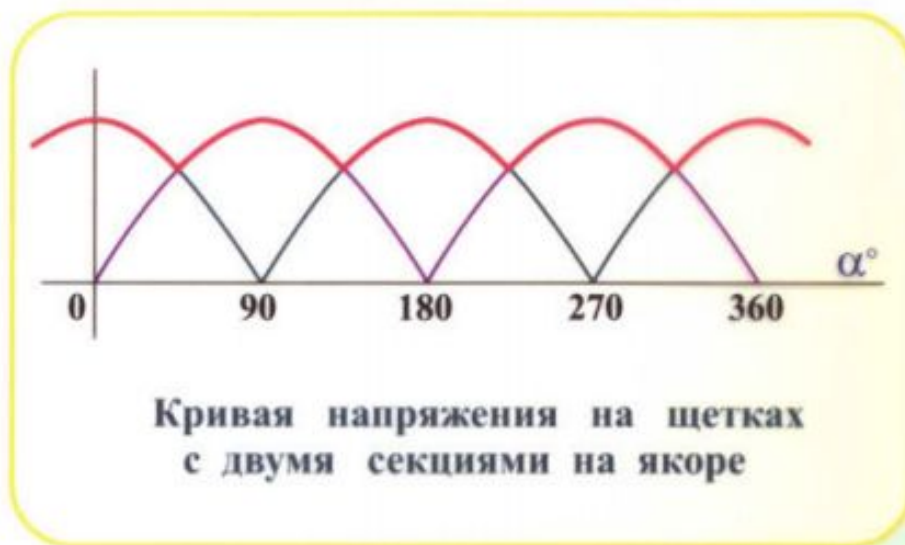


Схема работы машины постоянного тока



Барабанный якорь с двумя секциями



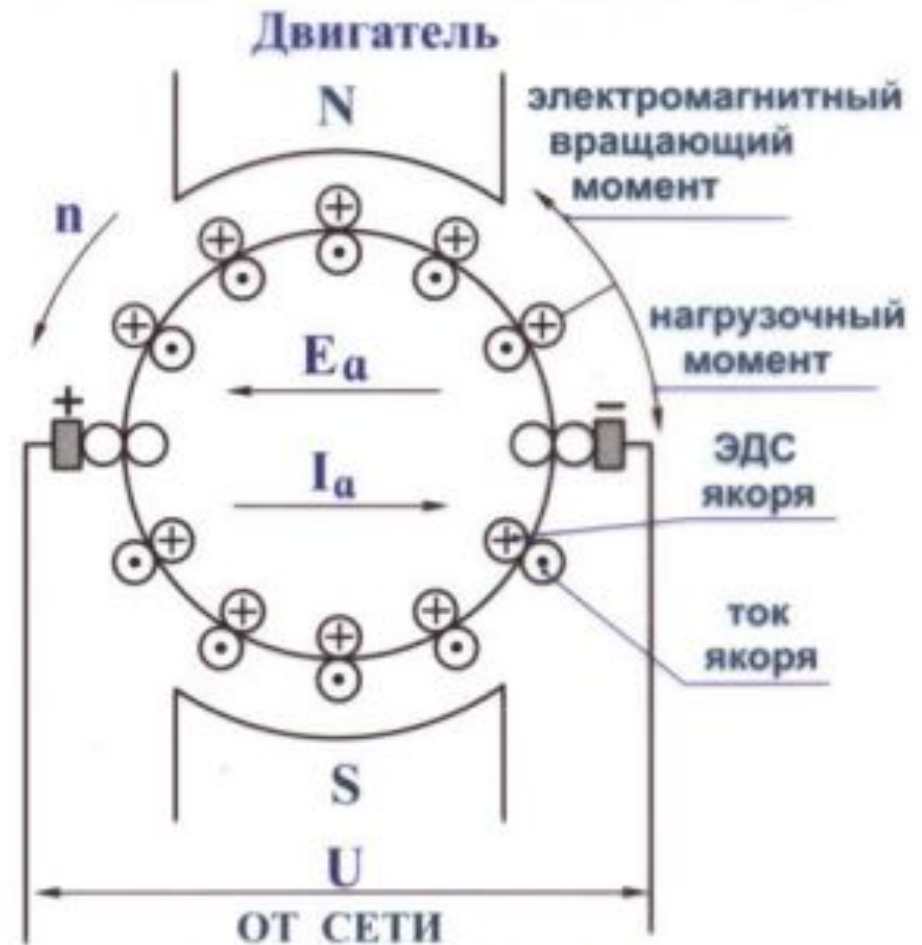
# МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## ОБРАТИМОСТЬ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА



$$U = E_a - I_a R_a; \quad E > U$$

$$I_a = \frac{E_a - U}{R_a}$$

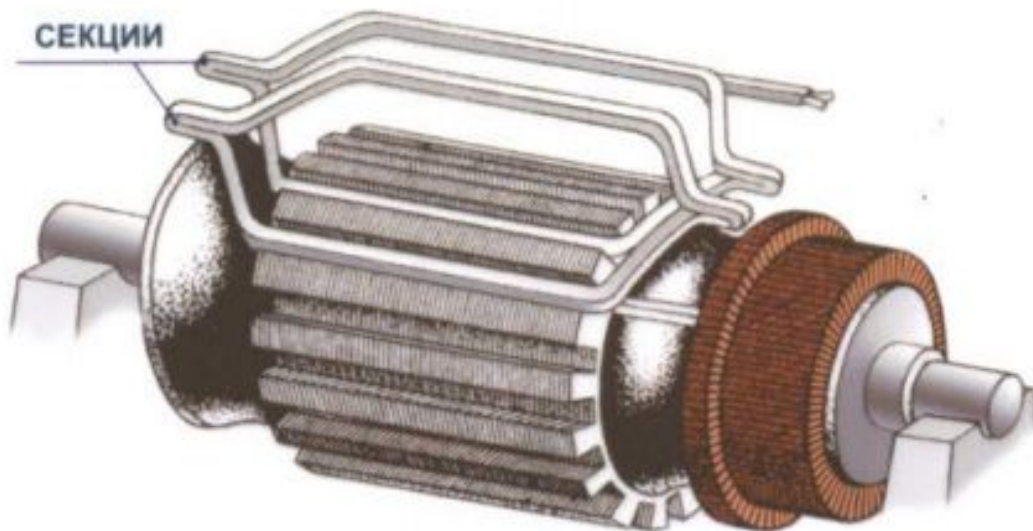


$$E_a = U - I_a R_a; \quad U > E_a$$

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_a}$$

## ОБМОТКА ЯКОРЯ

### Укладка секций при открытых пазах



### Двухслойная стержневая обмотка



### Секция катушечной обмотки



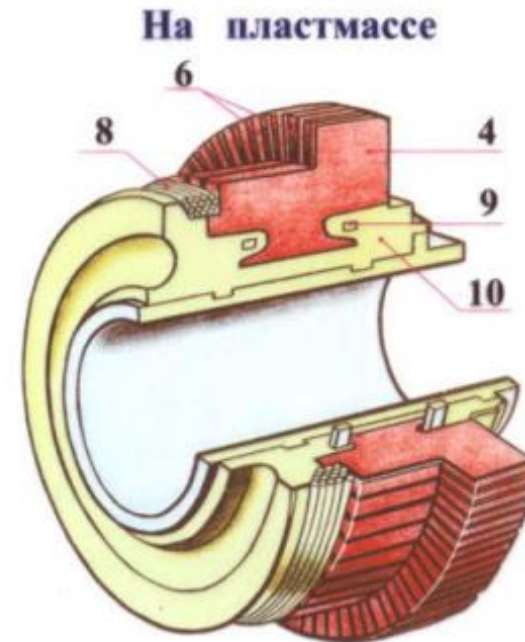
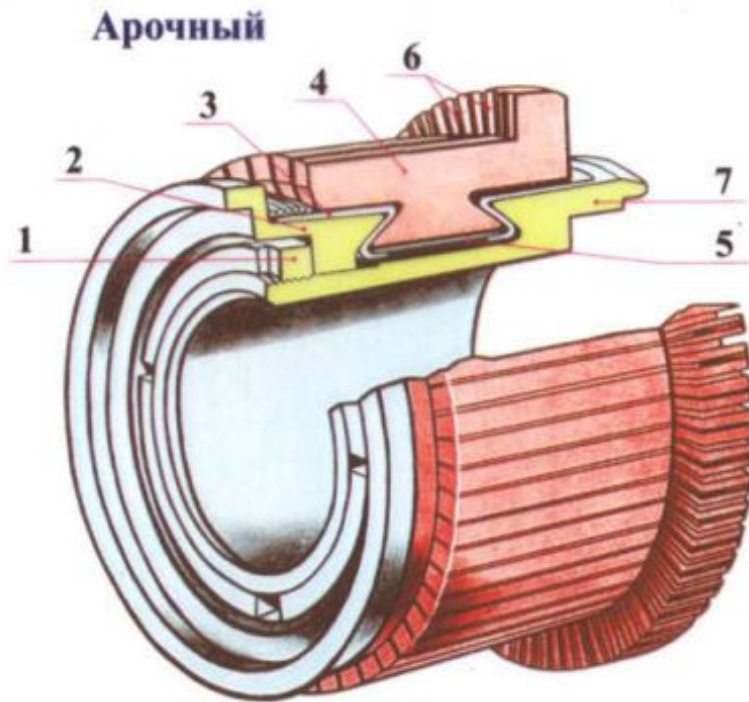
### Форма пазов

#### ПОЛУЗАКРЫТЫЕ ПАЗЫ



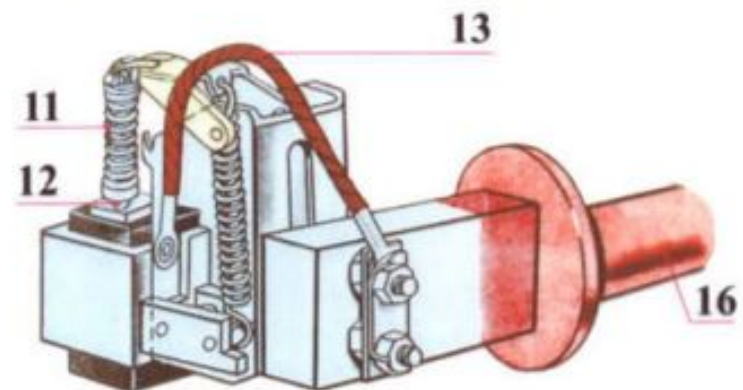
#### ПОЛУОТКРЫТЫЕ ПАЗЫ



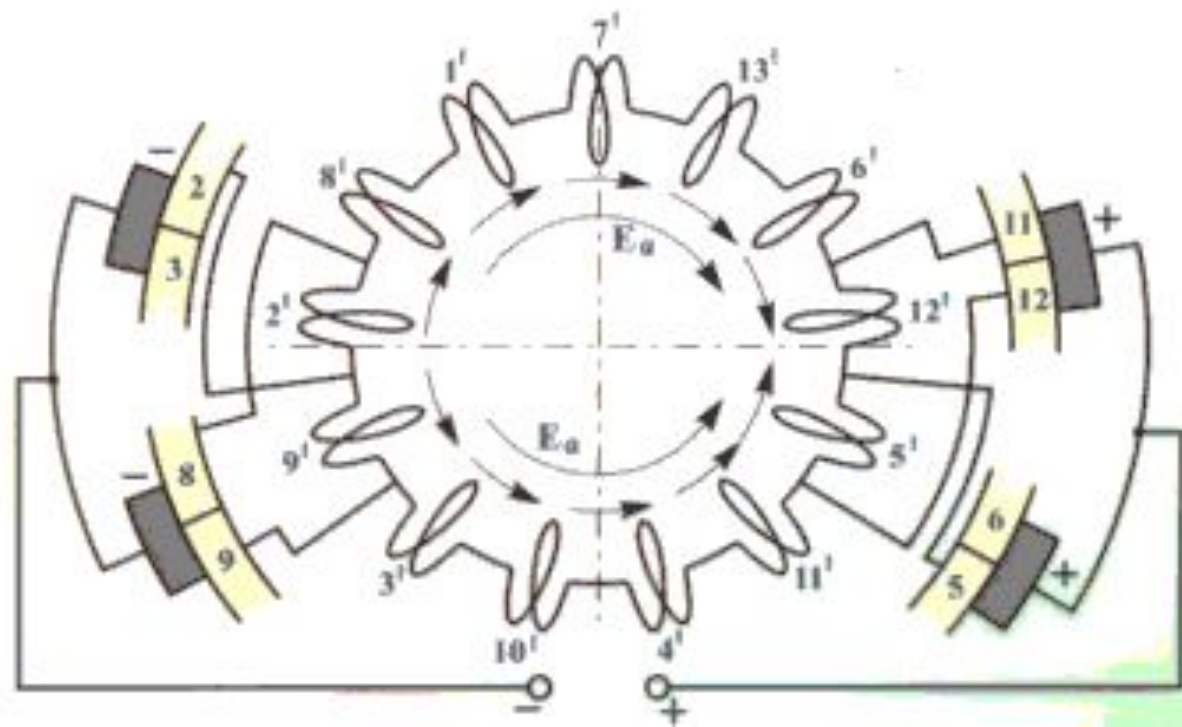
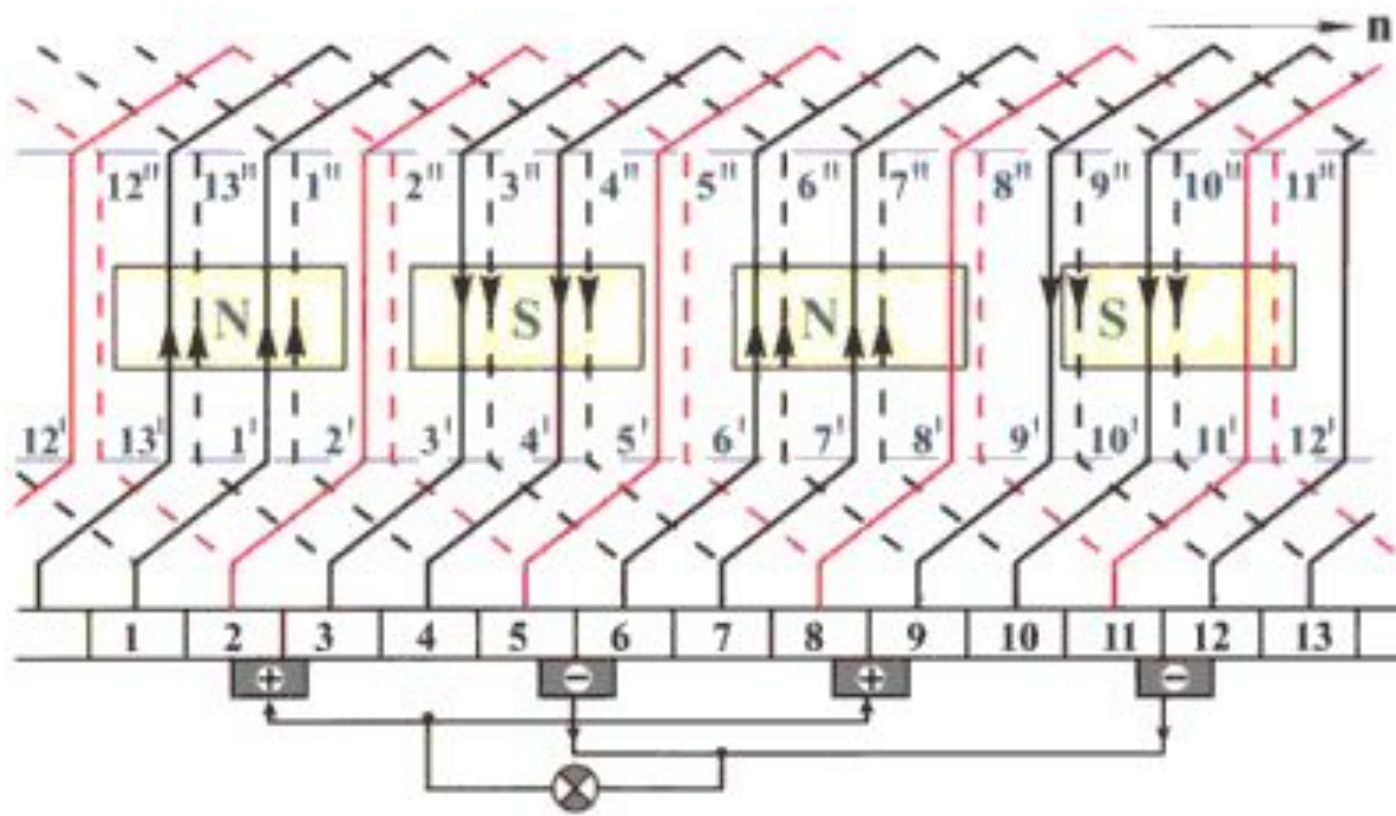


- 1 - стяжная гайка;
- 2 - нажимной конус;
- 3 - изолирующая манжета;
- 4 - коллекторная пластина;
- 5 - изолирующий цилиндр;
- 6 - изолирующая прокладка;
- 7 - втулка коллектора;
- 8 - уплотняющий бандаж;
- 9 - армировочное кольцо;
- 10 - пластмасса;
- 11 - нажимная пружина;
- 12 - нажимной палец;
- 13 - соединительные провода;

### Траверса и щеткодержатели



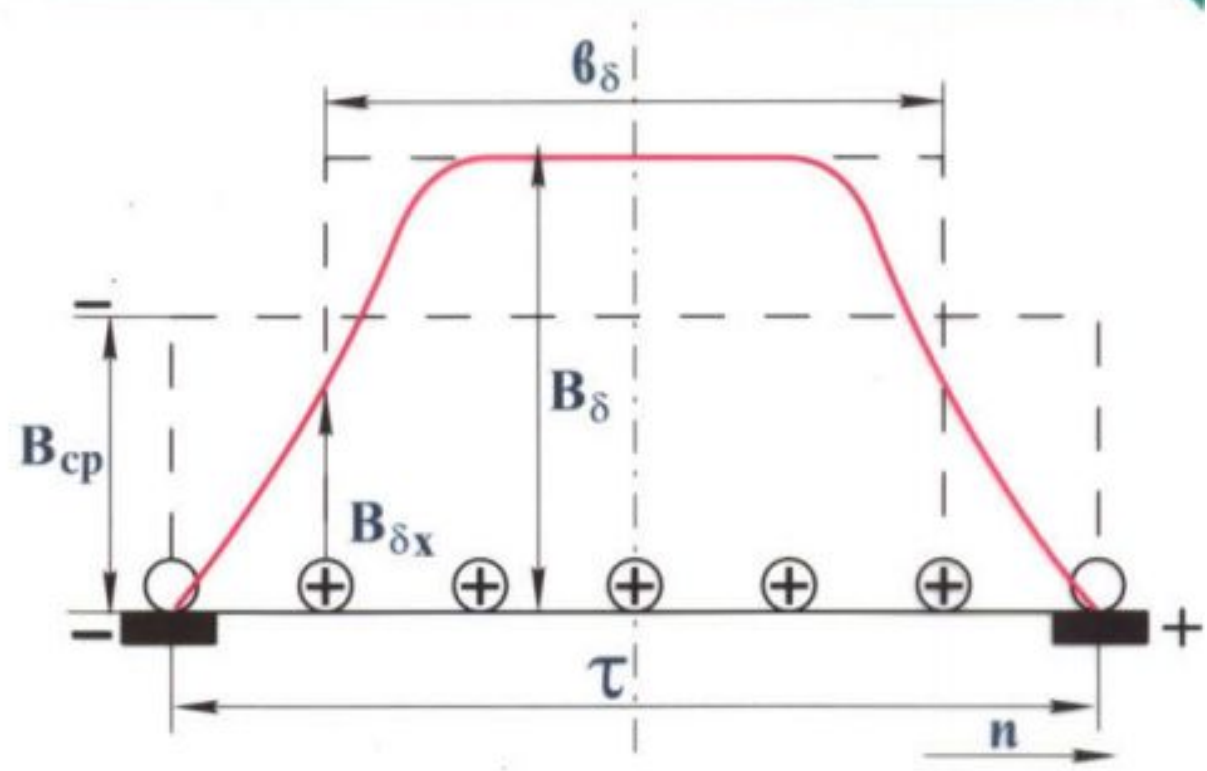
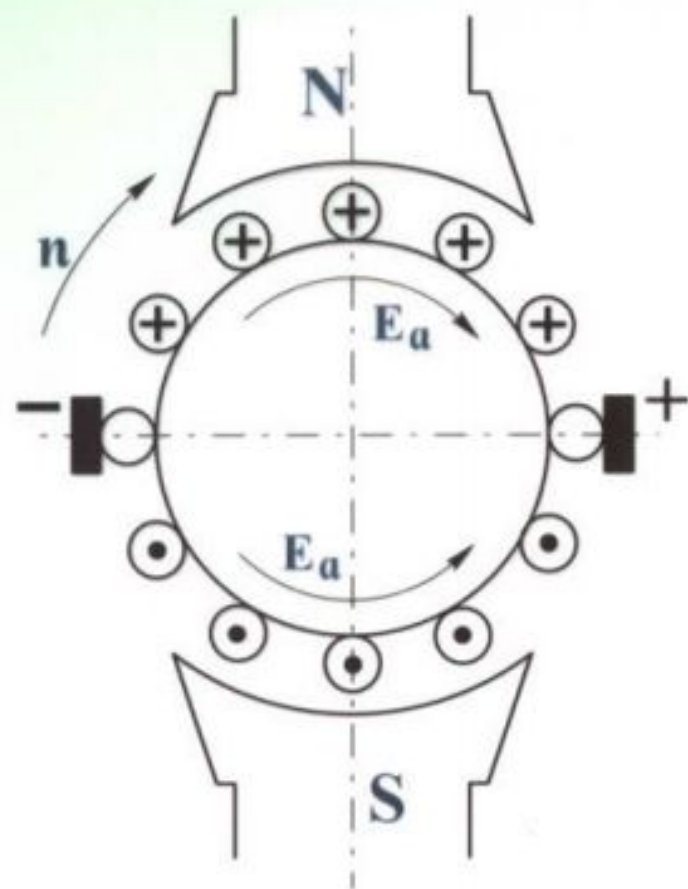
- 14 - щеткодержатель;
- 15 - щетки;
- 16 - палец щеткодержателя

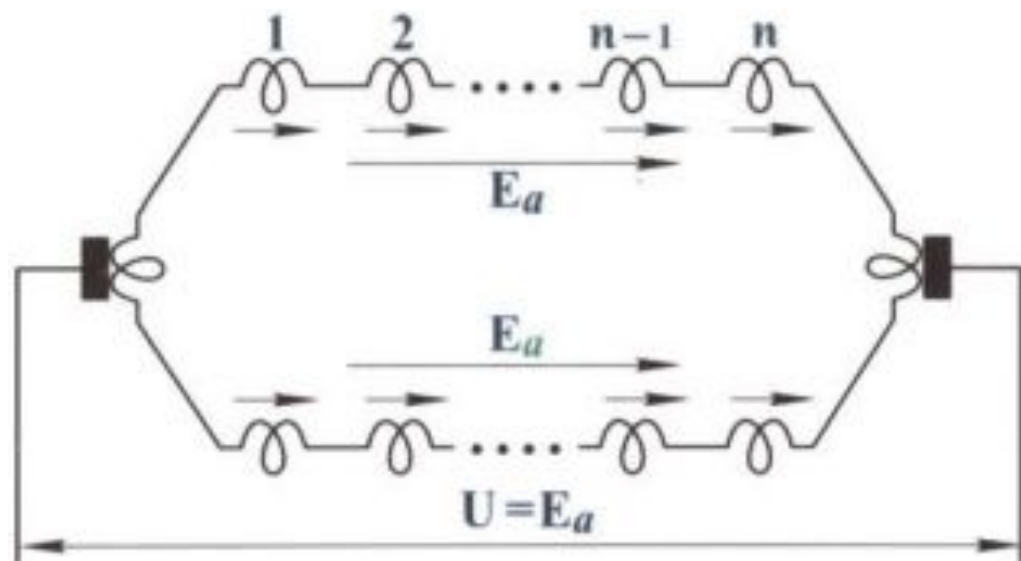




# МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## ЭДС ЯКОРЯ





ЭДС витка  $e_x = 2B_{\delta x} l_{\delta} v$ .  
 Число витков в параллельной ветви  $\frac{N}{4a}$ , где  $N$  - полное число проводников обмотки якоря;  
 $v = \frac{\pi D a n}{60}$  - окружная скорость якоря;  
 $l_{\delta}$  - активная длина проводника

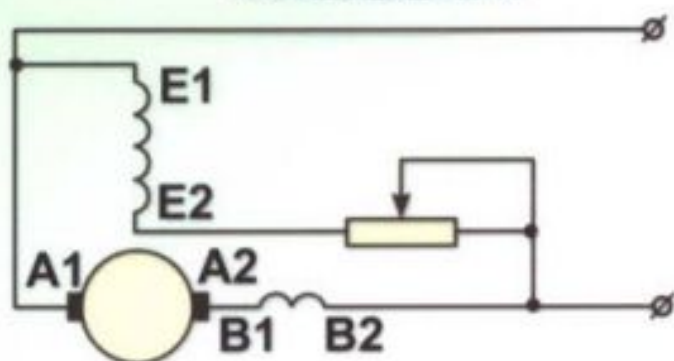
$$E_a = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_{\frac{N}{4a}} = 2l_{\delta} v \sum_1^{\frac{N}{4a}} B_{\delta x}.$$

$$\sum_1^{\frac{N}{4a}} B_{\delta x} = \frac{N}{4a} B_{cp}, \quad \text{где} \quad B_{cp} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} B_{\delta x} dx.$$

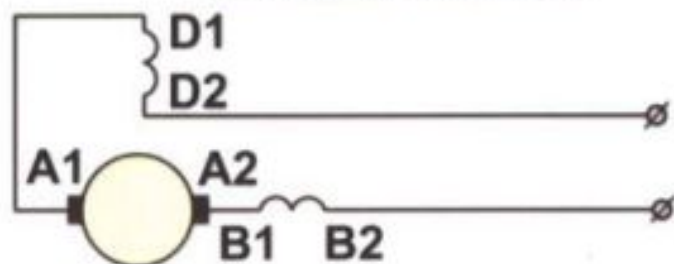
$$E_a = \frac{pn}{60} \cdot \frac{N}{a} B_{cp} l_{\delta} \tau = \frac{pn}{60} \cdot \frac{N}{a} \Phi_{\delta} = C_e \Phi_{\delta} n, \quad C_e = \frac{pN}{60a}.$$

### Схемы возбуждения машин постоянного тока

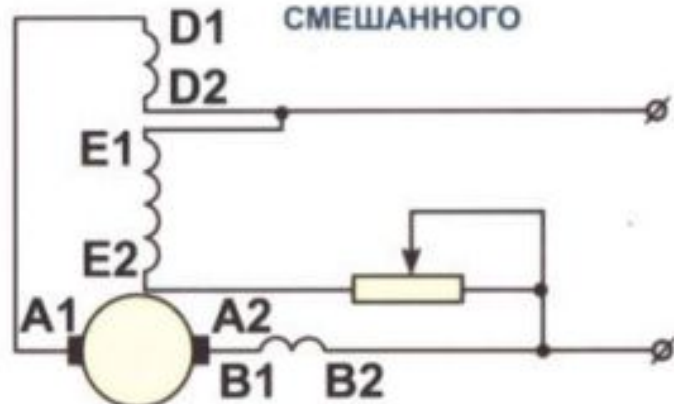
ПАРАЛЛЕЛЬНОГО



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО



СМЕШАННОГО



### Обозначения выводов обмоток

ОБМОТКА ЯКОРЯ	A1	A2
ОБМОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ	E1	E2
ОБМОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ	D1	D2
ОБМОТКА ДОБАВОЧНЫХ ПОЛЮСОВ	B1	B2

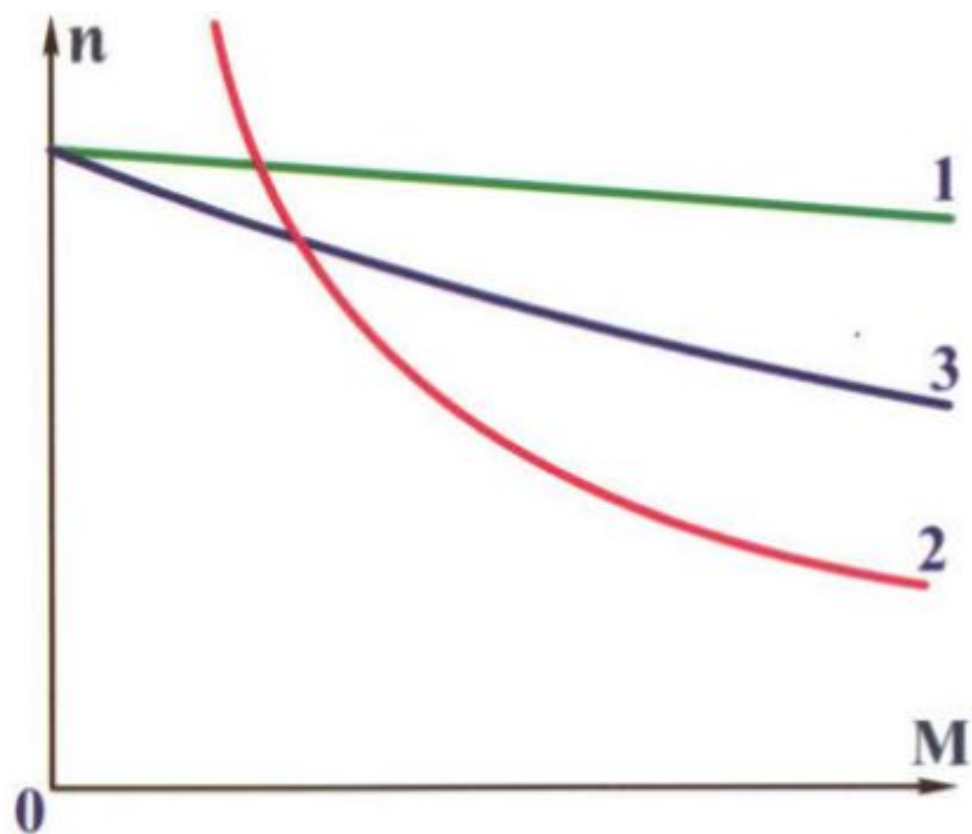
$$E_a = U - I_a R_a; \quad U > E_a$$

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_a}$$

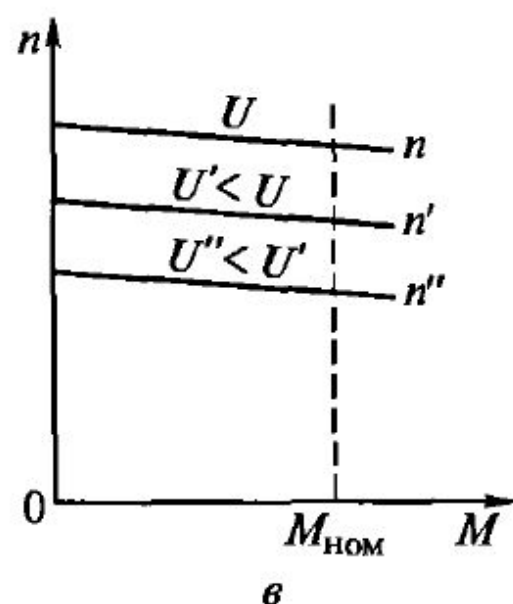
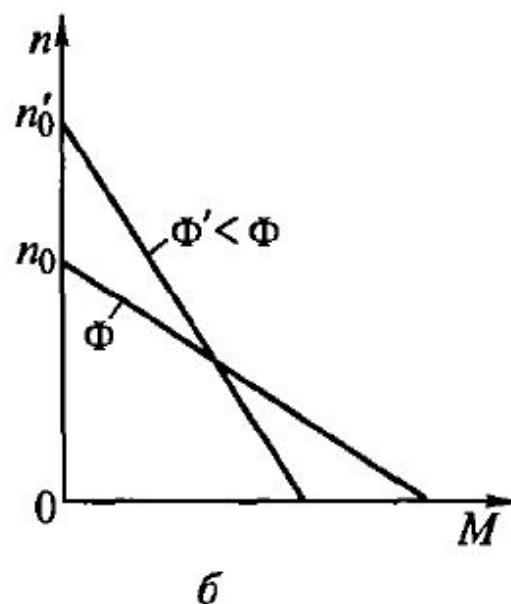
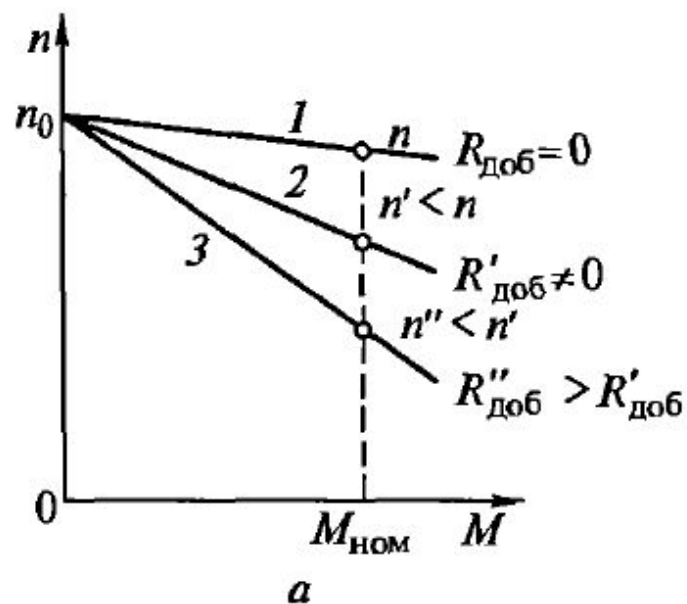
Частота вращения

$$E = C_e \Phi \delta n = U - I R_a, \text{ откуда}$$

$$n = \frac{U - I R_a}{C_e \Phi \delta}$$



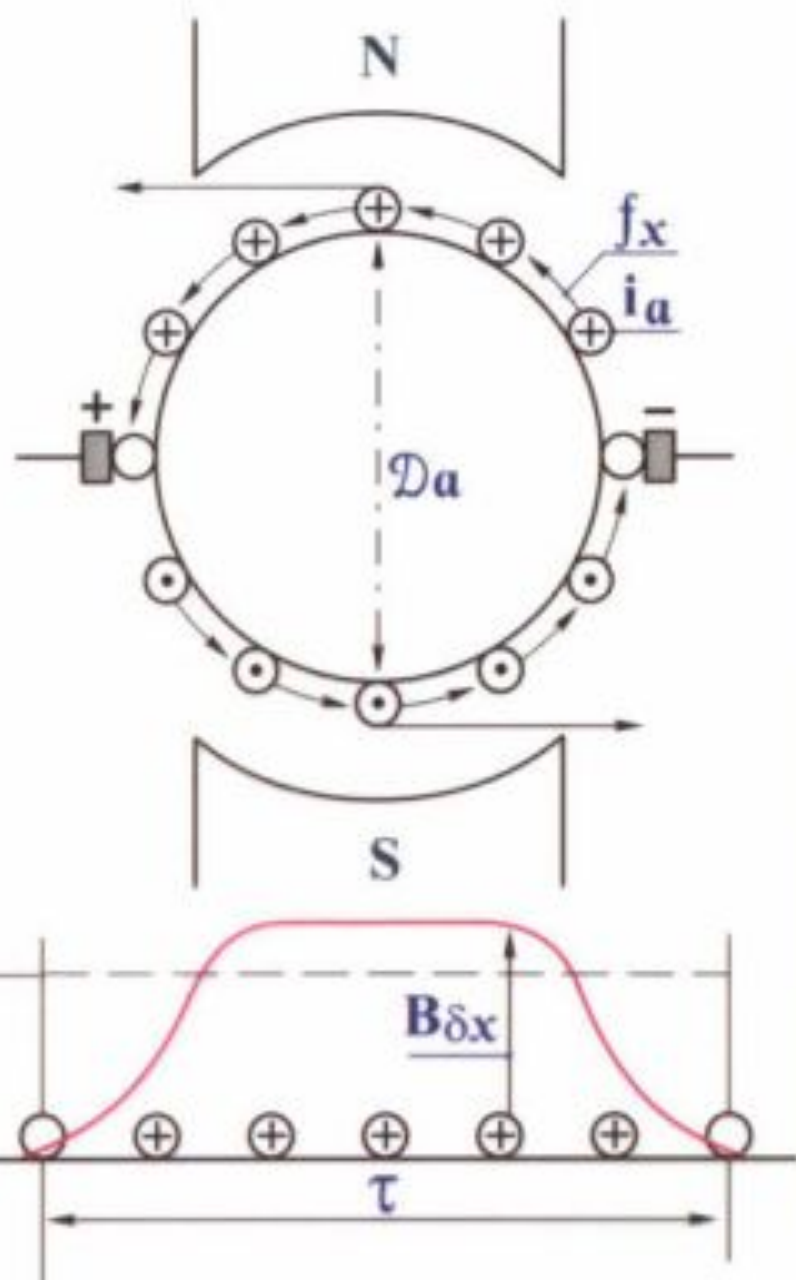
**Естественные механические характеристики двигателей параллельного ( 1 ), последовательного ( 2 ) и смешанного возбуждения с согласным включением последовательной обмотки ( 3 )**



Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения:

а — при изменениях сопротивления резистора  $R_{доб}$ ; б — при изменениях основного магнитного потока возбуждения  $\Phi$ ; в — при изменениях напряжения  $U$ , подводимого к обмотке якоря

# Электромагнитный момент машины постоянного тока



$$f_x = B_{\delta x} \cdot \ell_{\delta} \cdot i_a = B_{\delta x} \ell_{\delta} \frac{I_a}{2}$$

$$M_x = \frac{D_a}{2} f_x = \frac{D_a}{2} B_{\delta x} \ell_{\delta} \frac{I_a}{2}$$

Число проводников под одним полюсом

$$N^1 = \frac{N}{2p}$$

$$M^1 = \sum_1^{N/2p} \frac{D_a}{2} B_{\delta x} \ell_{\delta} \cdot \frac{I_a}{2} = \frac{D_a}{2} \cdot \ell_{\delta} \cdot \frac{I_a}{2} \sum_1^{N/2p} B_{\delta x} =$$

$$= \frac{D_a}{2} \ell_{\delta} \frac{I_a}{2a} \cdot \frac{N}{2p} B_{cp}, \text{ где } B_{cp} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} B_{\delta x} dx.$$

$$M = 2p \frac{D_a}{2} \ell_{\delta} \frac{I_a}{2a} \cdot \frac{N}{2p} B_{cp} = \frac{Np}{2\pi a} \cdot \frac{\pi D_a}{2p} B_{cp} \ell_{\delta} I_a =$$

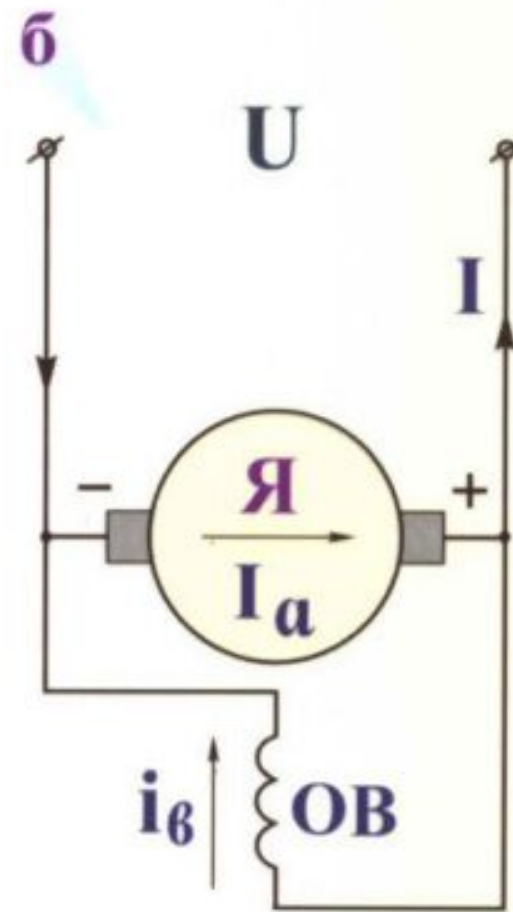
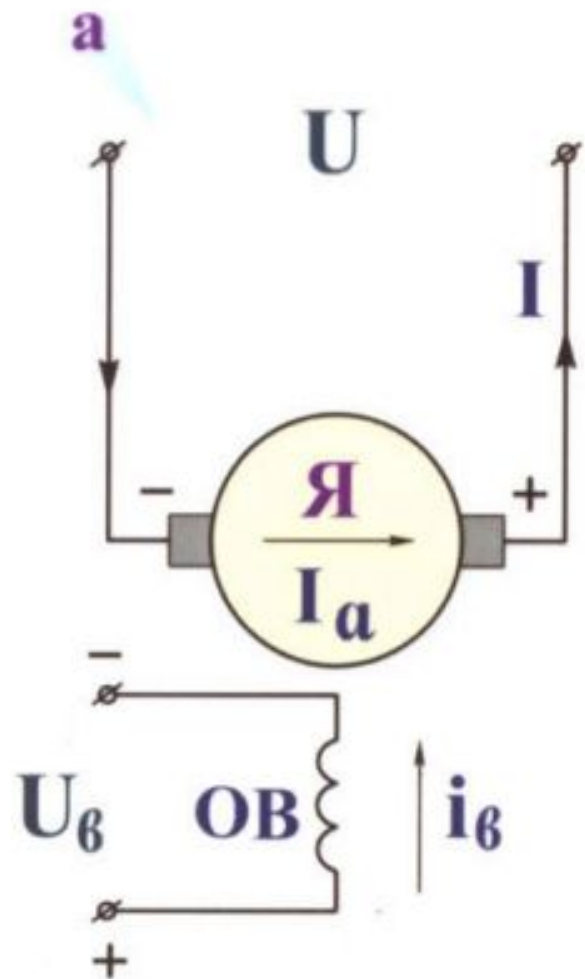
$$= \frac{N}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} B_{cp} \tau \ell_{\delta} I_a = \frac{N}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \Phi_{\delta} I_a.$$

$$M = C_M \Phi_{\delta} I_a, \text{ где } C_M = \frac{N}{2\pi} \cdot \frac{p}{a}$$

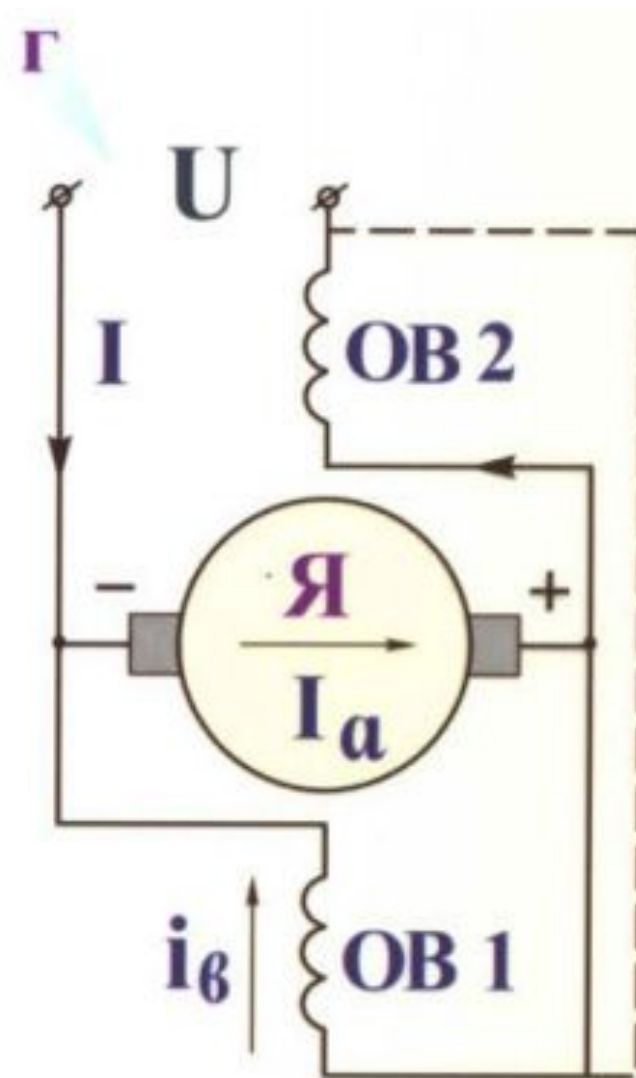
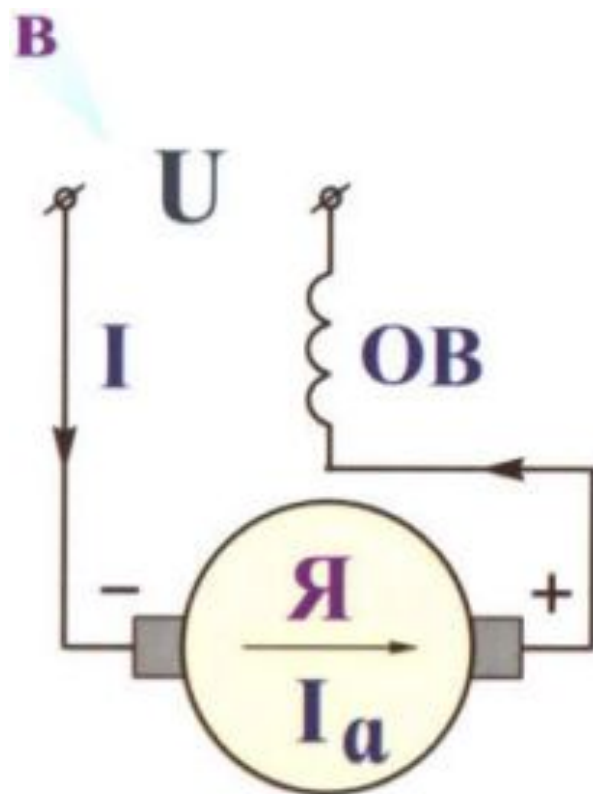
# Применение

- Двигатели постоянного тока позволяют осуществить плавное регулирование скорости вращения в любых пределах, создавая при этом большой пусковой момент. Это свойство двигателей постоянного тока делает их незаменимыми в качестве тяговых двигателей городского и железнодорожного транспорта (трамвай, троллейбус, метро, электровоз, тепловоз).
- Двигатели постоянного тока используются также в электроприводе некоторых металлорежущих станков, прокатных станов, подъемно-транспортных машин, экскаваторов. Постоянный ток используется для питания электролитических ванн, электромагнитов различного назначения, аппаратуры управления и контроля, для зарядки аккумуляторов.
- Машины постоянного тока входят также в электрооборудование автомобилей, судов, самолетов и ракет.

Принципиальные схемы генераторов постоянного тока



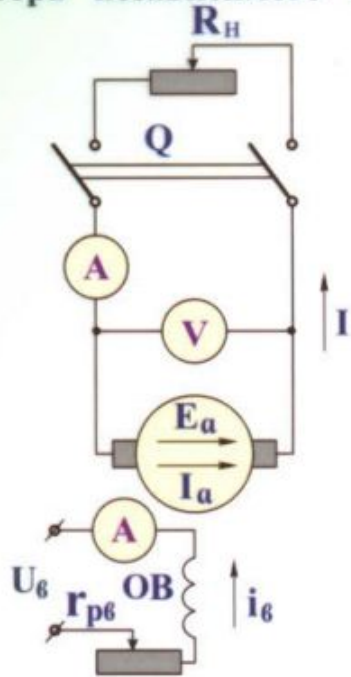




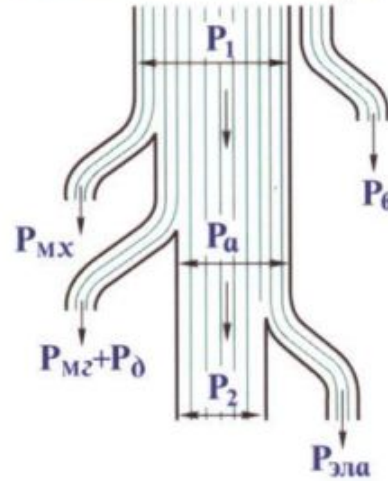
а - независимого,  
 б - параллельного,  
 в - последовательного,  
 г - смешанного возбуждения

## ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА. ГЕНЕРАТОР НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

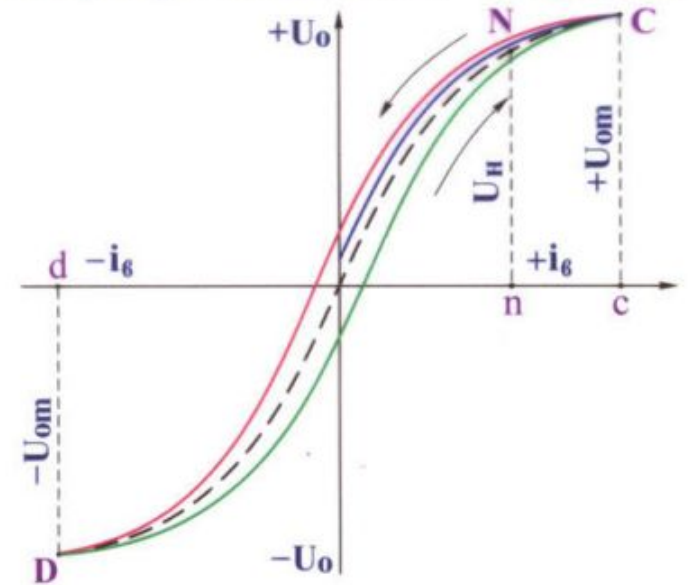
Схема для снятия характеристик генератора независимого возбуждения



Энергетическая диаграмма генератора постоянного тока независимого возбуждения



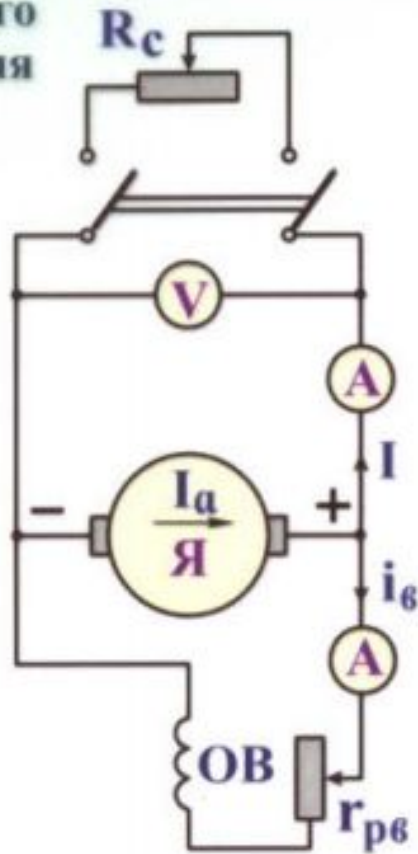
Характеристика холостого хода генератора независимого возбуждения



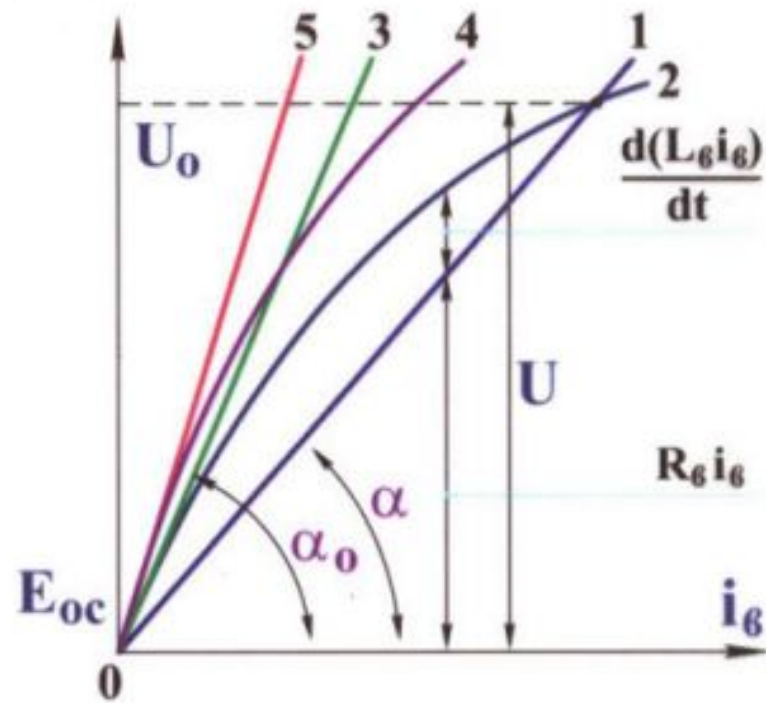
# МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА. ГЕНЕРАТОР ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

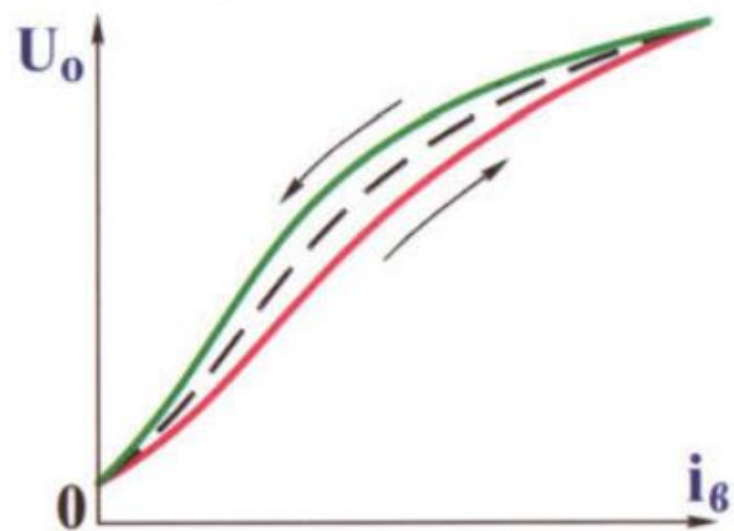
Схема генератора  
параллельного  
возбуждения



Условия самовозбуждения  
генератора параллельного возбуждения



Характеристики холостого хода генератора параллельного возбуждения



Внешняя характеристика генератора параллельного (1) и независимого (2) возбуждения



Сравнение внешних ( а ) и регулировочных ( б ) характеристик генераторов независимого ( 1 ), параллельного ( 2 ), смешанного возбуждения с согласным ( 3 ) и встречным ( 4 ) включением последовательной обмотки

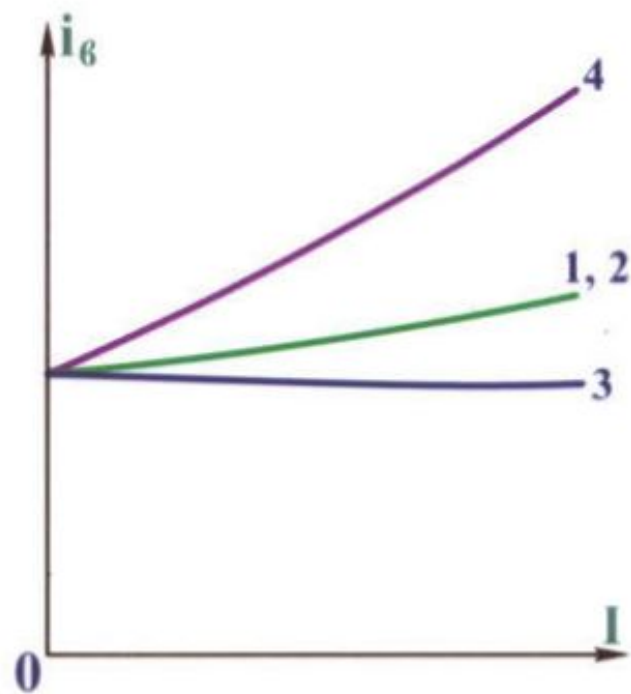
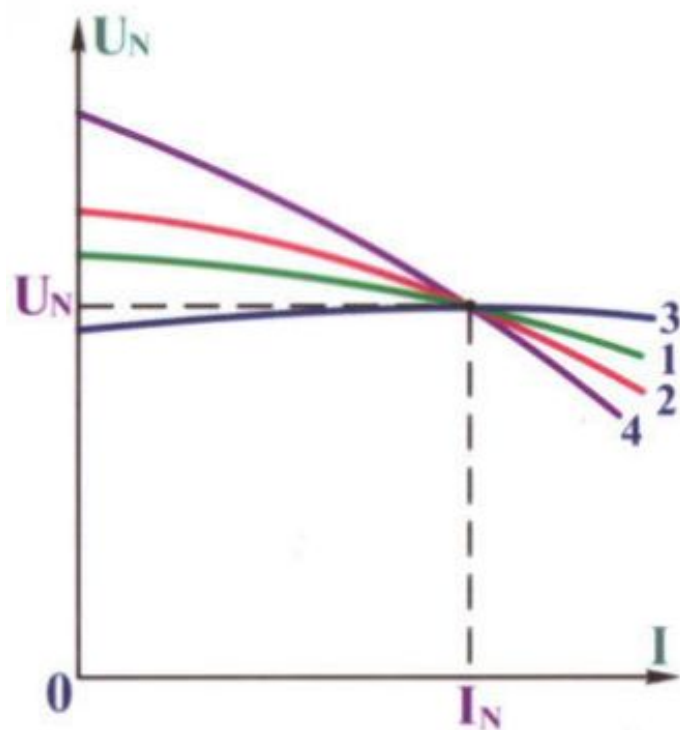
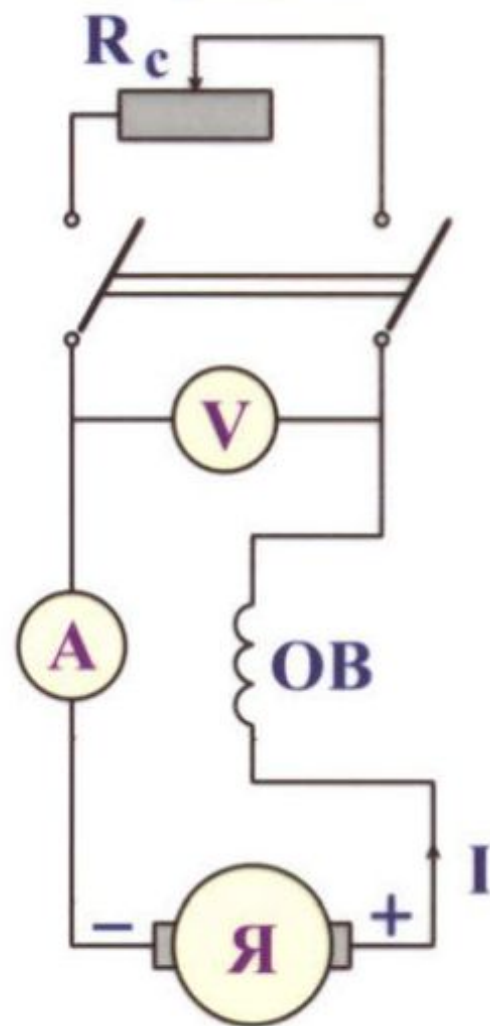


Схема генератора последовательного возбуждения

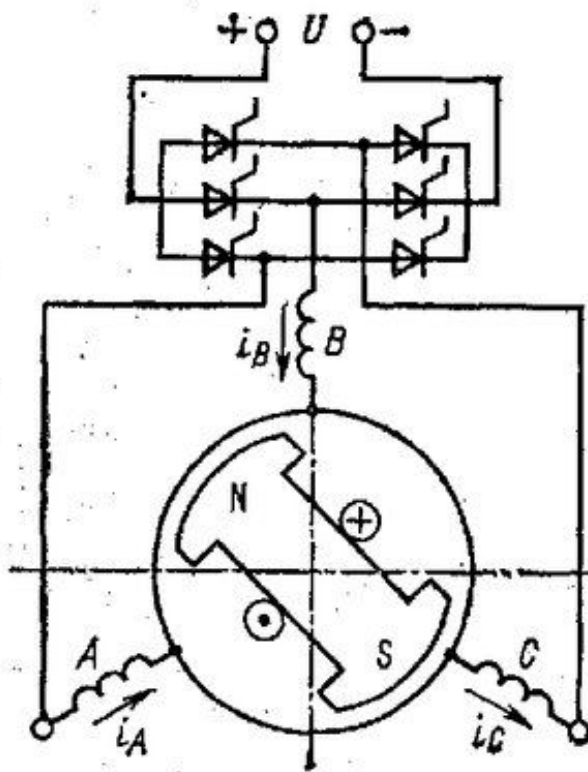


# Применение генераторов постоянного тока

---

- Генераторы постоянного тока применяют для питания электроэнергией электролитических ванн, зарядки аккумуляторных батарей, высококачественной сварки.
- В системах автоматического регулирования специальные генераторы постоянного тока -электромашинные усилители - служат в качестве усилителей электрических сигналов управления.
- Специальные генераторы постоянного тока — тахогенераторы — применяются как датчики частоты вращения.

# Электропривод с вентиляльным двигателем



Система вентиляльной коммутации обычно состоит из датчика синхронизирующих сигналов, системы формирования сигналов управления и управляемого коммутатора.

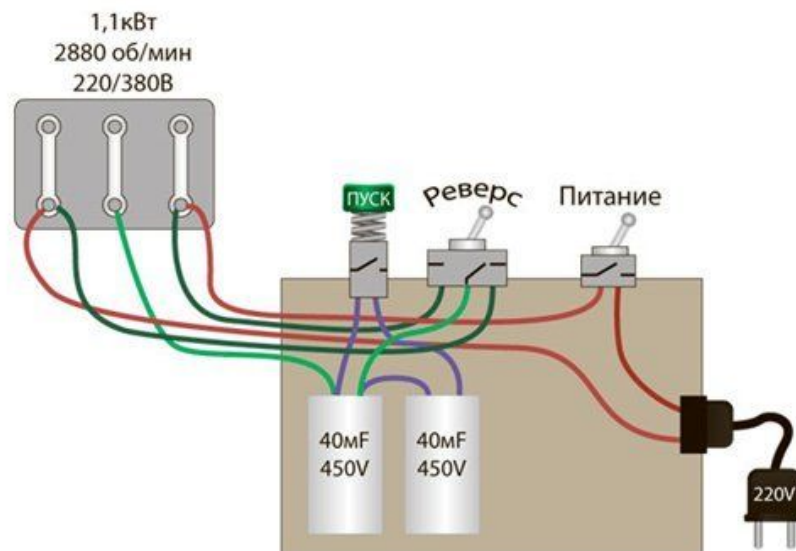
Схема трехфазного вентиляльного двигателя

# Асинхронные однофазные и конденсаторные двигатели

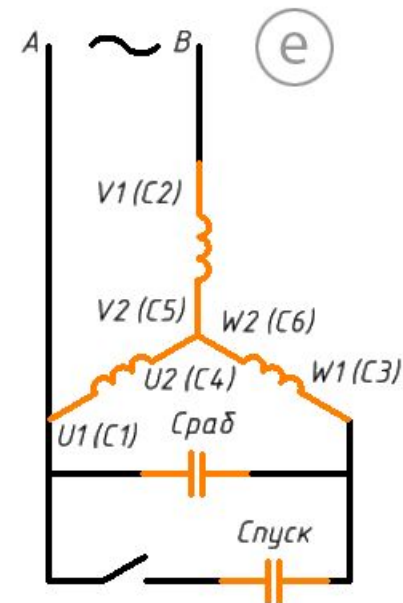
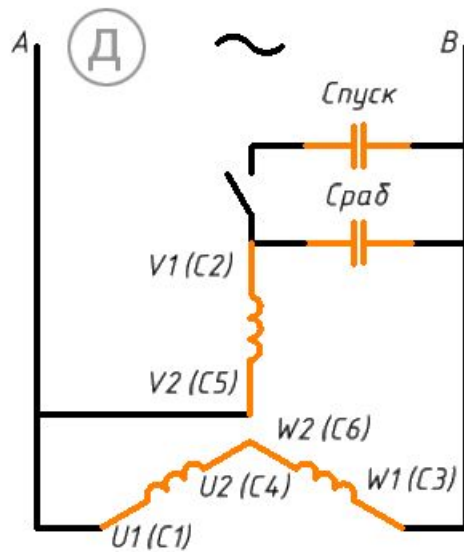
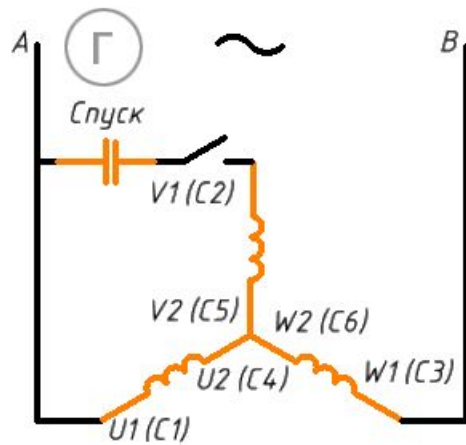
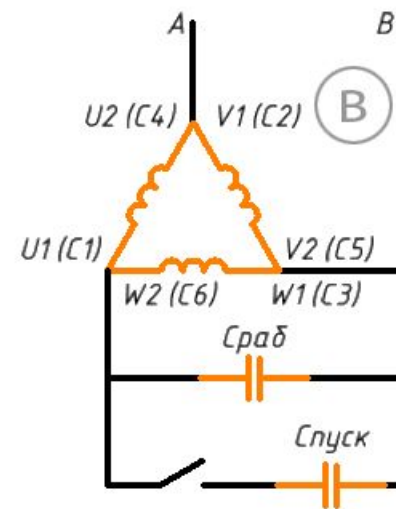
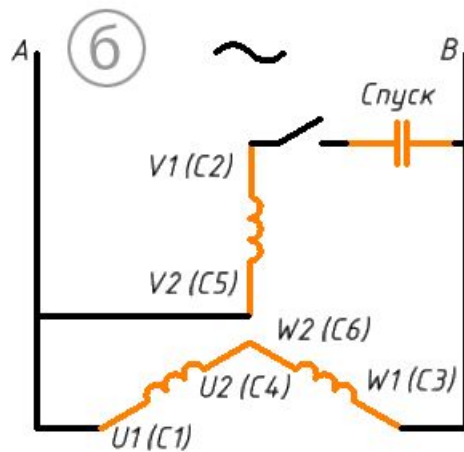
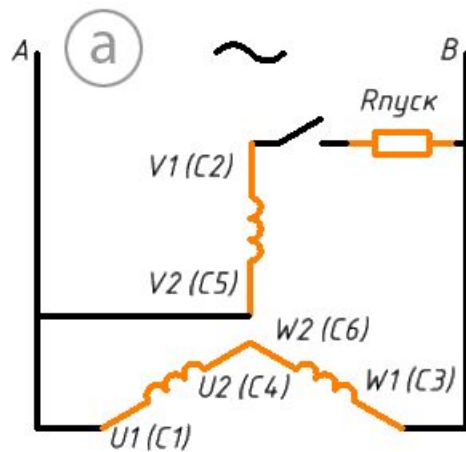
Конденсатор



Однофазный электродвигатель







(B)  $C_{\text{раб}} \approx 4800 \frac{I_{\text{НОМ}}}{U_1}$

(Д)  $C_{\text{раб}} \approx 2700 \frac{I_{\text{НОМ}}}{U_1}$

(e)  $C_{\text{раб}} \approx 2800 \frac{I_{\text{НОМ}}}{U_1}$