

## Лекція 4. Машини постійного струму

Електричні машини постійного струму служать для перетворення механічної енергії в електричну (електричний генератор) і для перетворення електричної енергії в механічну (електричний двигун).

Роботу МПС основано на:

- 1) утворенні незмінного у часі нерухомого магнітного поля;
- 2) одержанні Е.Р.С. в провідниках, що рухаються в магнітному полі;
- 3) взаємодії магнітного поля і струму.

Принцип дії МПС описують три основні закони електротехніки: закон повного струму; закон електромагнітної індукції; закон Ампера.

*Повним струмом* називається алгебраїчна сума струмів, які перерізають поверхню, обмежену замкненим контуром.

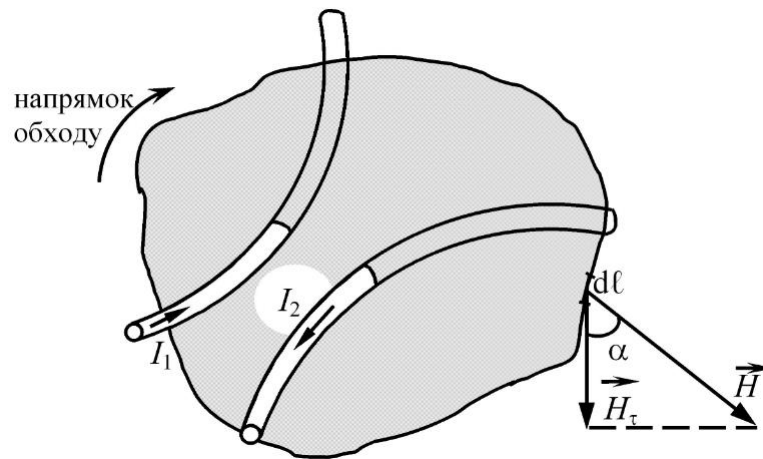
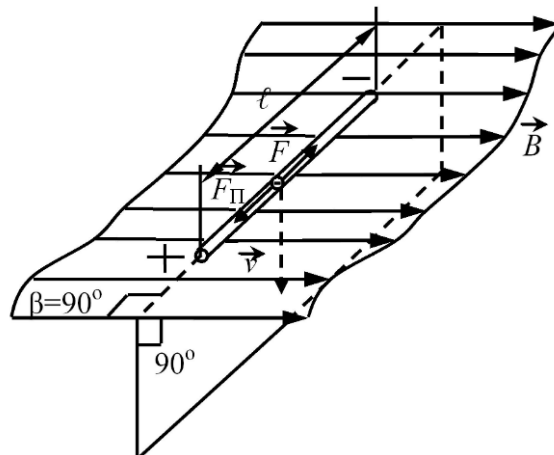


Рис. 1 Закон повного струму

$$H \cdot \ell = \sum_{k=1}^K I_k \cdot$$

*Електромагнітна індукція* – явище збудження ЕРС в контурі за зміни магнітного потоку, зчепленого з цим контуром.



## Рис. 2 Закон електромагнітної індукції

$$e = B \cdot \ell \cdot v \cdot \sin \beta$$

Підхід до обчислення сили, що діє з боку магнітного поля на будь-яку ділянку тонкого провідника зі струмом (вона називається силою Ампера).

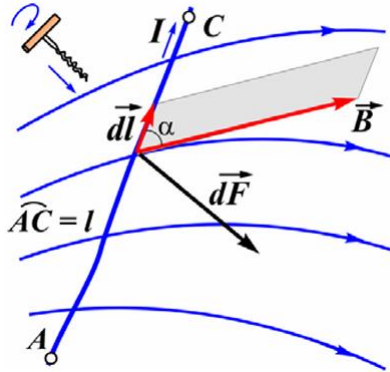
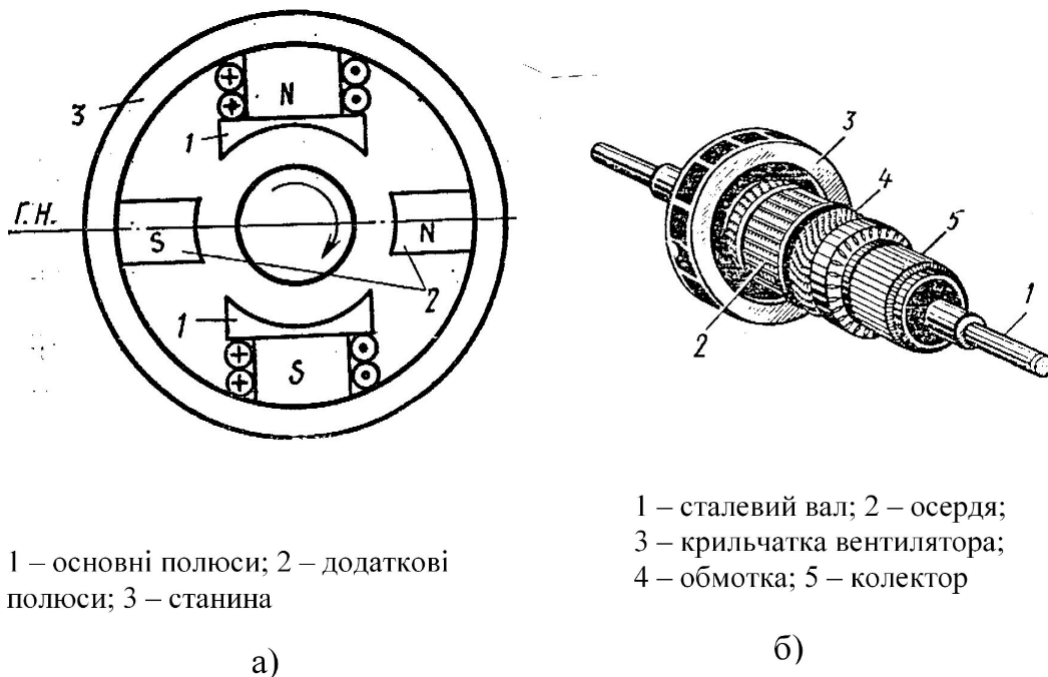


Рис. 3 Закон Ампера

$$\vec{F} = \int d\vec{F}.$$

Існують два типи машин постійного струму: *колекторні* і *безколекторні* (уніполярні).



1 – основні полюси; 2 – додаткові полюси; 3 – станина

1 – сталевий вал; 2 – осердя;  
3 – крильчатка вентилятора;  
4 – обмотка; 5 – колектор

Рис. 4 Конструкція машини постійного струму: а – нерухома частина, б – рухома частина

Основне рівняння генератора:

$$E = U + I_x \cdot R_x$$

Основне рівняння двигуна:  $U = E + I_x \cdot R_x$

Закон електромагнітної індукції:  $E = B \cdot \ell_a \cdot v$

Закон електромагнітних сил:  $F = B \cdot \ell_a \cdot I$

Рівняння перетворення механічної потужності в електричну потужність:

$$F \cdot v = E \cdot I$$

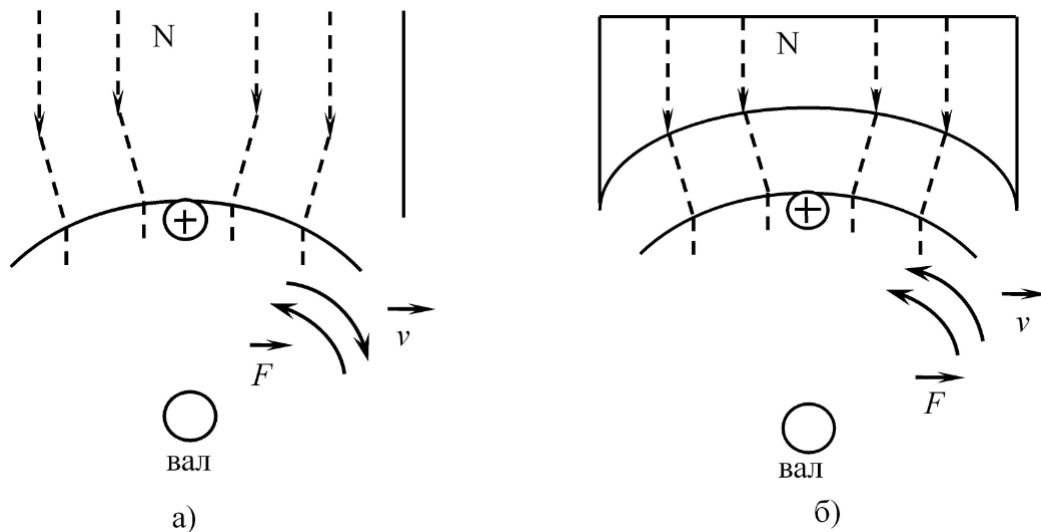


Рис. 5 Принцип роботи електричної машини постійного струму:  
а – генератор, б – двигун

### ЕРС обмотки якоря двигуна.

Магнітний потік одного полюса  $\Phi_0$  у повітряному зазорі між полюсами нерухомої частини та якорем двигуна:

$$\Phi_0 = \int B \cdot dS = \int_0^{\tau} B \cdot \ell \cdot dx,$$

Середнє значення магнітної індукції  $B_{\text{сеп}}$  у повітряному зазорі між полюсами нерухомої частини та якорем двигуна визначається:

$$B_{\text{сеп}} = \frac{1}{\tau} \cdot \int_0^{\tau} B \cdot dx.$$

Середнє значення ЕРС  $E_{\text{сеп}}$ , що індукується в одному провіднику обмотки якоря, який рухається з лінійною швидкістю  $v$ , визначається за законом електромагнітної індукції:

$$E_{\text{сеп}} = B_{\text{сеп}} \cdot \ell \cdot v = \frac{v}{\tau} \cdot \Phi_0$$

Значення ЕРС  $E$ , що індукується в обмотці якоря, який рухається з лінійною швидкістю  $v$ :

$$E = \frac{N}{2 \cdot a} \cdot E_{\text{сер}} = \frac{N}{2 \cdot a} \cdot \frac{v}{\tau} \cdot \Phi_0$$

Лінійна швидкість  $v$  обертання якоря:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60},$$

### Електромагнітний момент на валу машини постійного струму.

Електромагнітна сила:

$$F = B_{\text{сер}} \cdot \ell \cdot I$$

Визначення електромагнітного обертального моменту на валу електричної машини постійного струму:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} \cdot N, [\text{Н} \cdot \text{м}].$$

Сила струму  $I$  в одному провіднику обмотки якоря дорівнює силі струму в одному паралельному витку:

$$I = \frac{I_x}{2 \cdot a}$$

Остаточна формула для визначення електромагнітного моменту на валу машини постійного струму:

$$M = \frac{p \cdot N}{2 \cdot \pi \cdot a} \cdot \Phi_0 \cdot I_x = C_m \cdot \Phi_0 \cdot I_x$$

### Способи збудження електричних машин постійного струму.

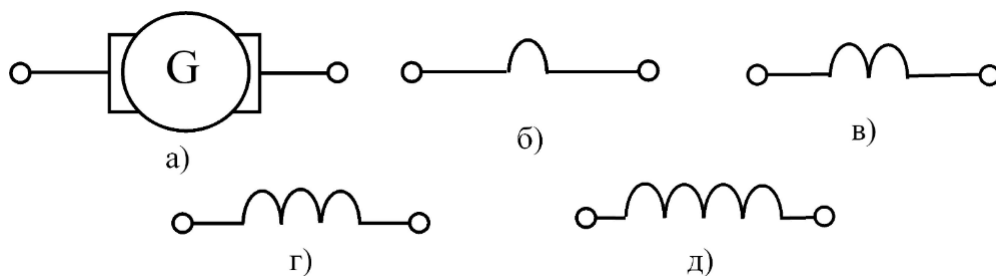
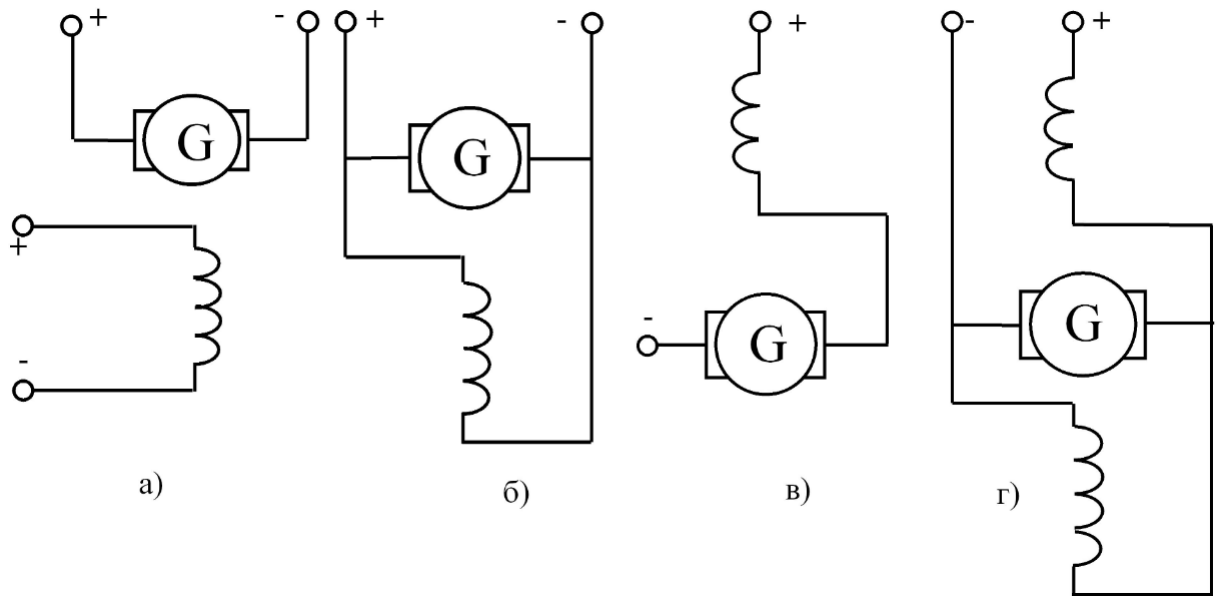
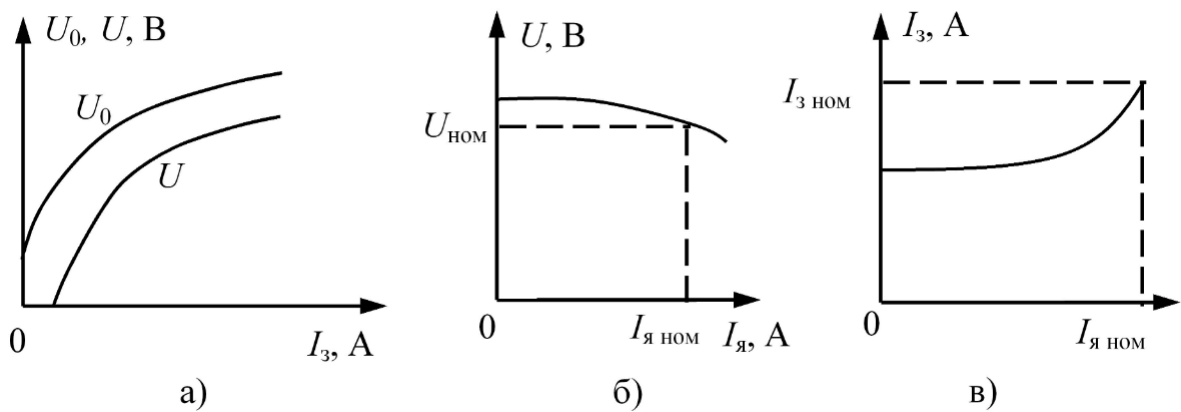


Рис. 6 Умовні позначення на електричних схемах електричних машин постійного струму, подані на прикладі генератора: а – обмотка якоря, б – обмотка додаткових полюсів, в – компенсуюча обмотка, г – обмотка послідовного збудження, д – обмотка паралельного або незалежного збудження

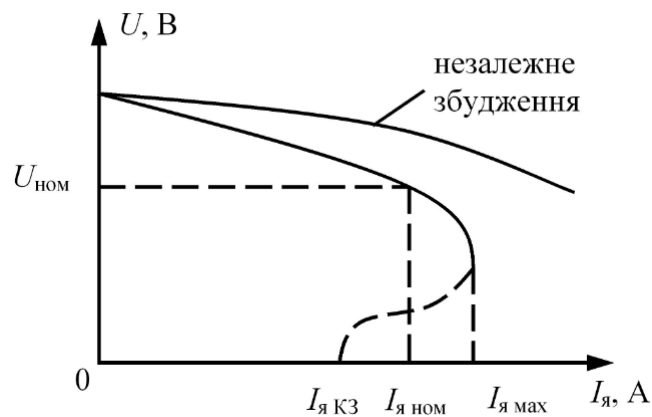


**Рис. 7** Способи збудження електричних машин постійного струму на прикладі генератора: а – незалежне, б – паралельне, в – послідовне, г – змішане

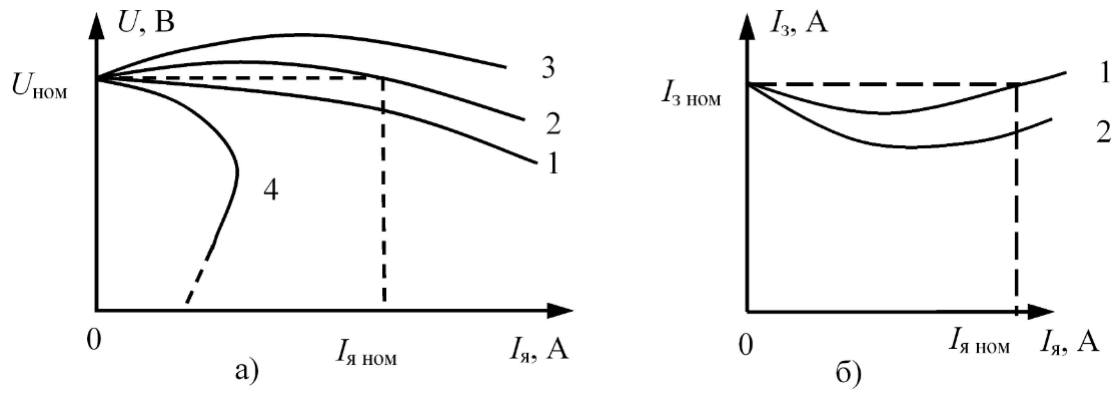
### Генератори постійного струму.



**Рис. 8** Зразковий вид характеристик генератора з незалежним збудженням: а – холостого ходу та під навантаженням, б – зовнішня, в – регульовальна

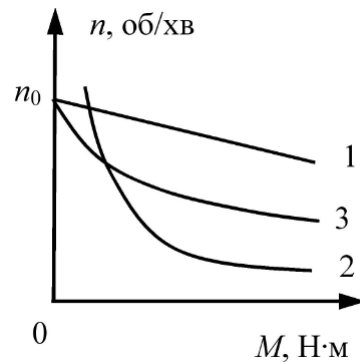


**Рис. 9** Зразковий вид зовнішньої характеристики генератора з паралельним збудженням



**Рис. 10 Зразковий вид характеристик генератора зі змішаним збудженням: а – зовнішня, б – регулювальна**

### Двигуни постійного струму.



**Рис. 11 Зразковий вид механічних характеристик для двигунів постійного струму з незалежним або паралельним збудженням (крива 1), послідовним збудженням (крива 2) та змішаним збудженням (крива 3)**