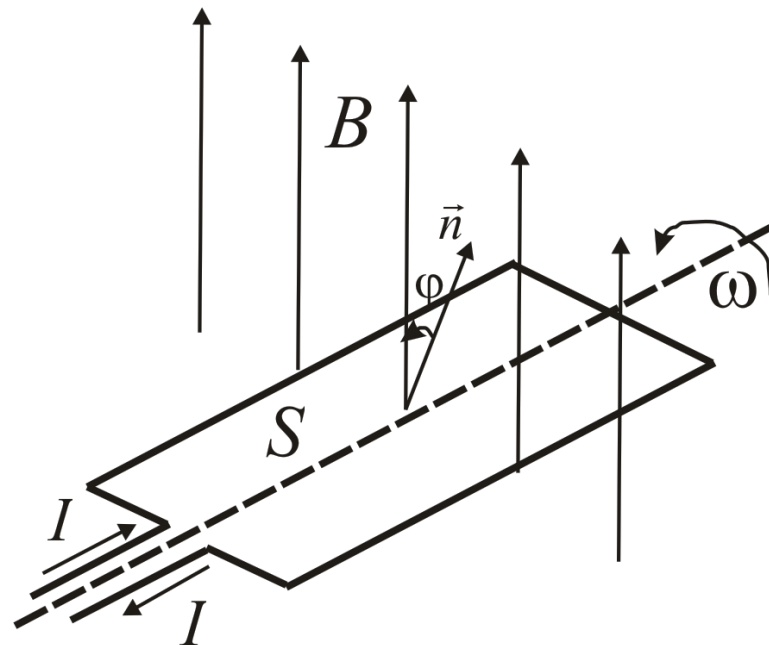
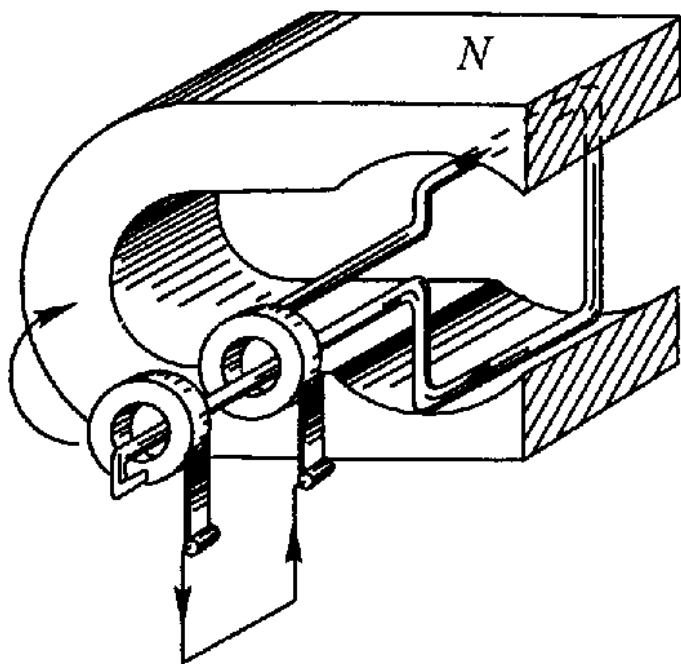


Лекция 20.

- Техническое использование переменных токов. Генераторы и электродвигатели. Трехфазный ток. Получение и использование вращающегося магнитного поля. Соединение обмоток генератора и нагрузки «звездой» и «треугольником». Фазное и линейное напряжения.
- Трансформатор. Принцип действия, устройство, применение. Коэффициент трансформации. Роль сердечника.

Генераторы и электродвигатели.

Принцип действия генератора переменного тока.

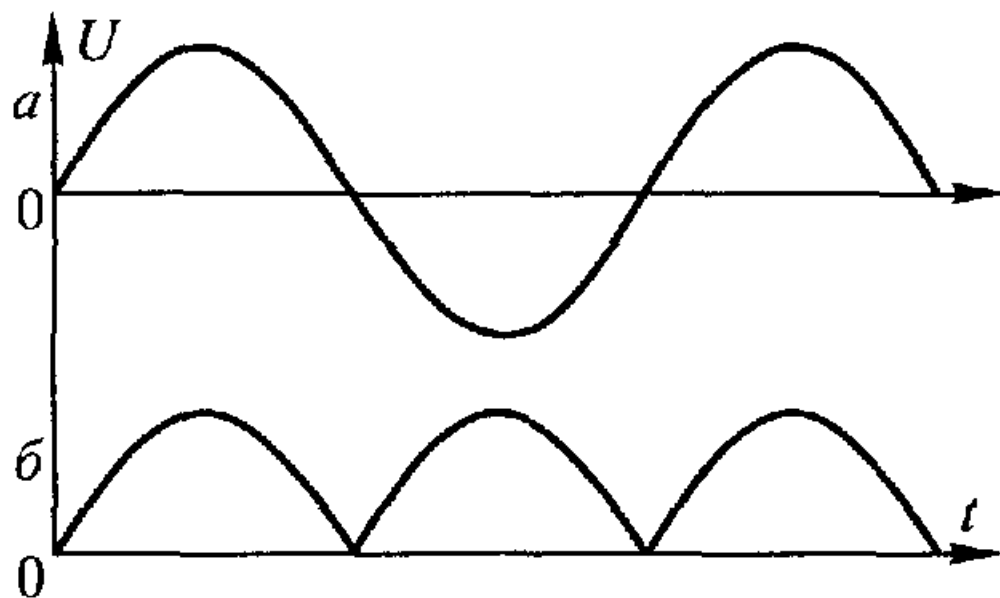
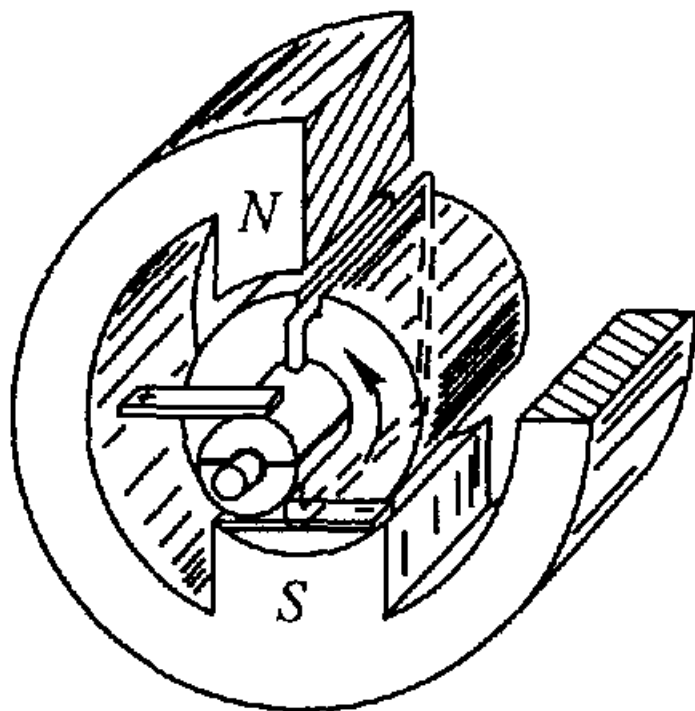


$$\Phi = BS \cos \varphi; \quad \varphi = \omega t + \varphi_0.$$

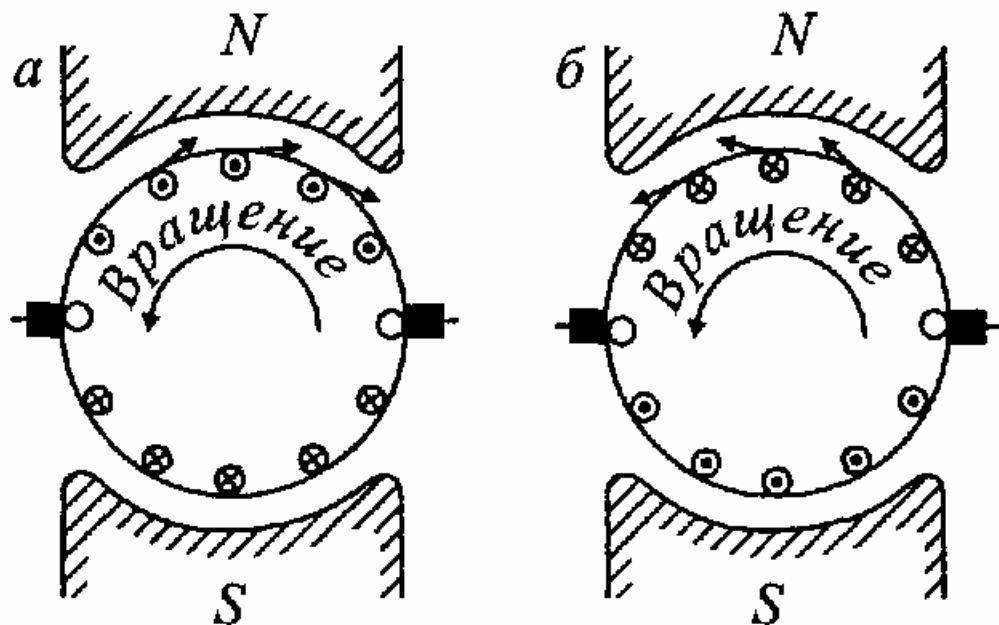
$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} BS \cos(\omega t + \varphi_0) = \underbrace{BS\omega}_{\mathcal{E}_0} \sin(\omega t + \varphi_0) = \mathcal{E}_0 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}_0}{R} \sin(\omega t + \varphi_0) = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Принцип действия генератора постоянного (пульсирующего) тока.



Электродвигатель постоянного тока.



Электродинамические силы, действующие на якорь генератора (а) и двигателя (б) постоянного тока

$$I_{\text{я}} = \frac{(U - E_{\text{инд.}})}{r_{\text{я}}}.$$

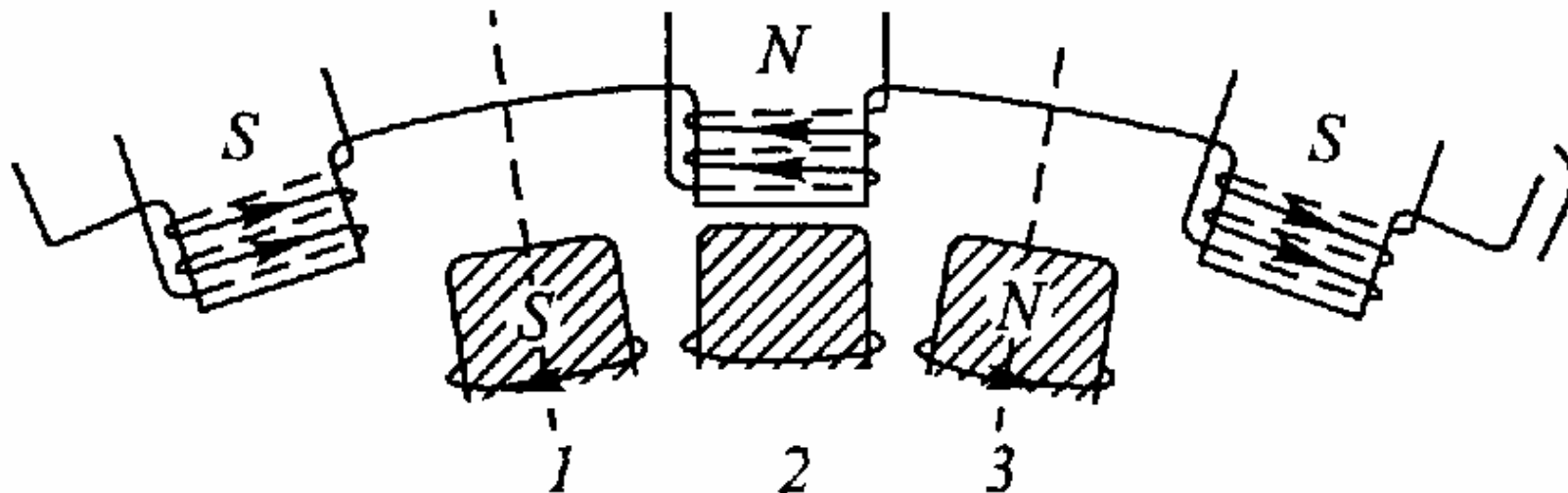
Для пуска мощных электродвигателей используется реостат, так как при непод-

вижном якоре ток

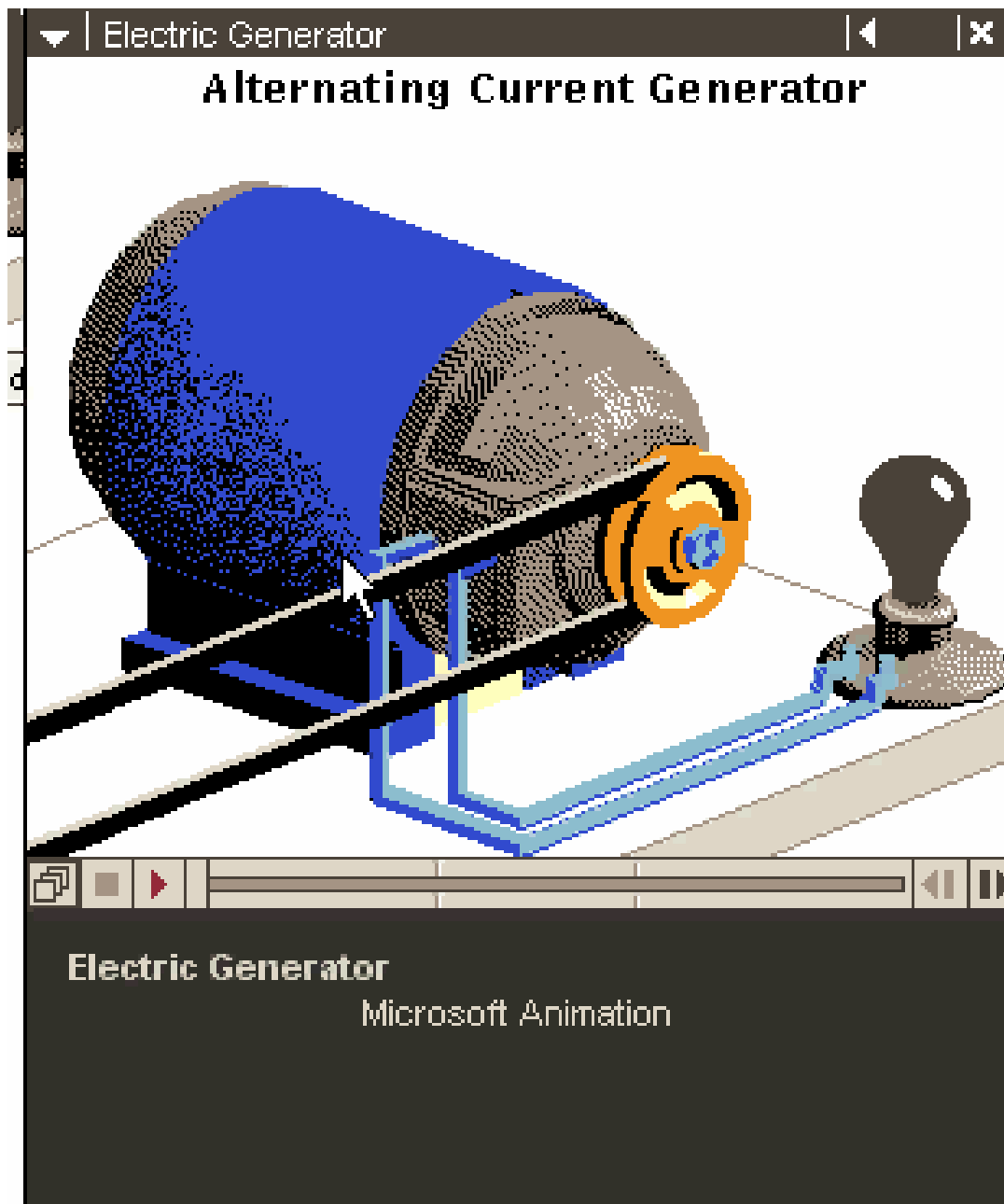
$$I_{\text{я}} = U / r_{\text{я}}$$

большой.

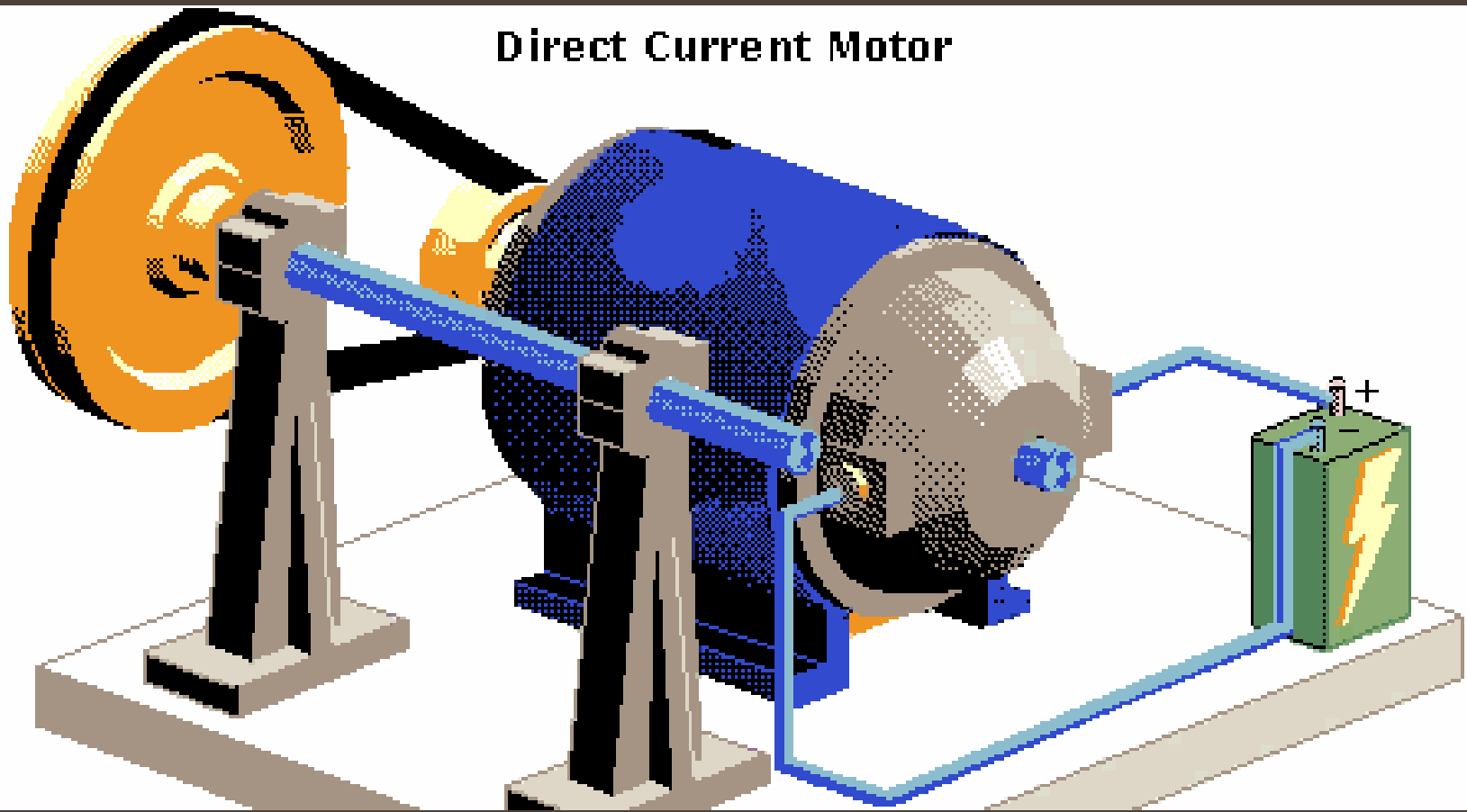
Синхронные двигатели.



Принцип синхронного двигателя переменного тока



Direct Current Motor



Electric Motor

Microsoft Animation

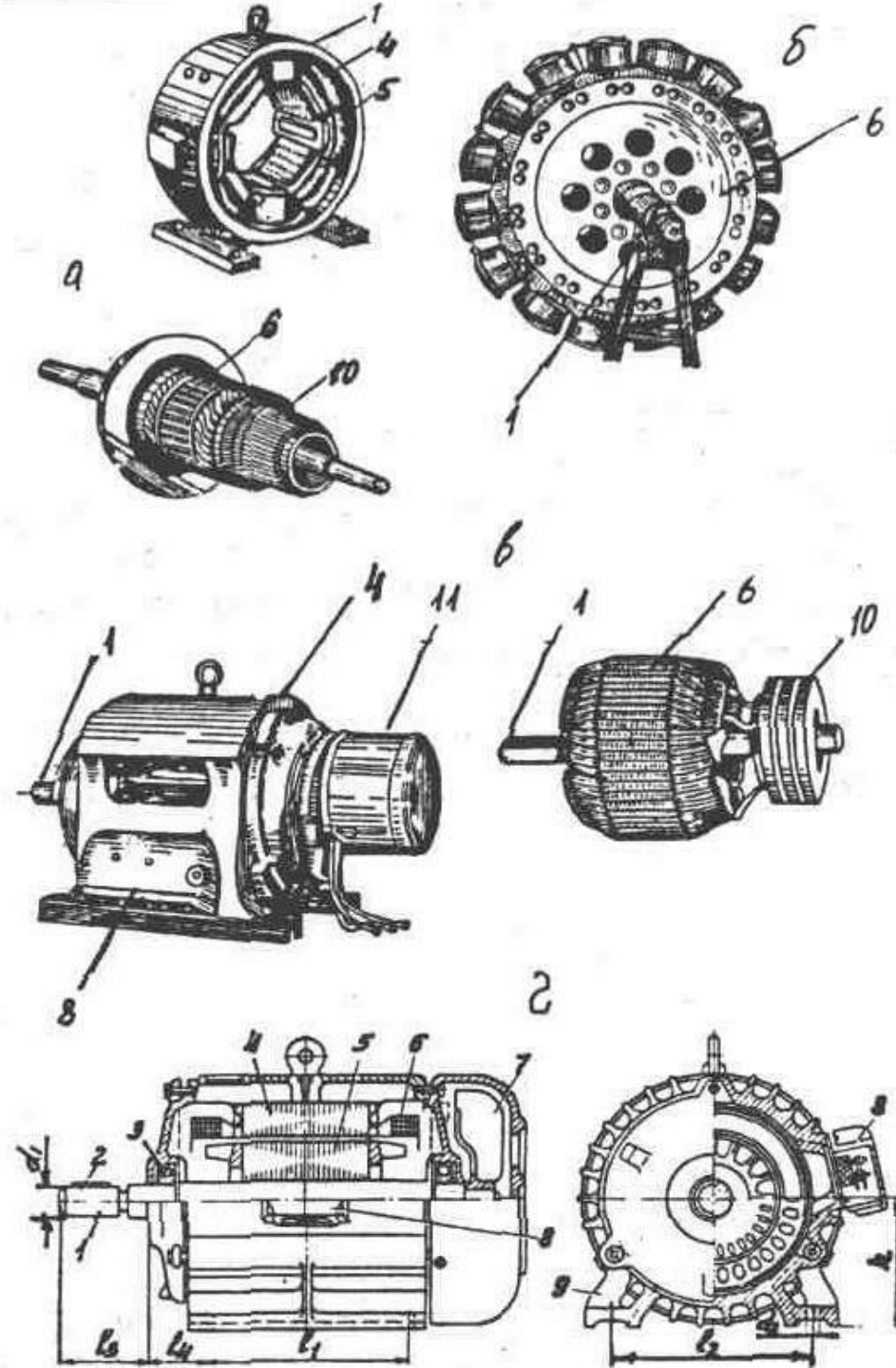
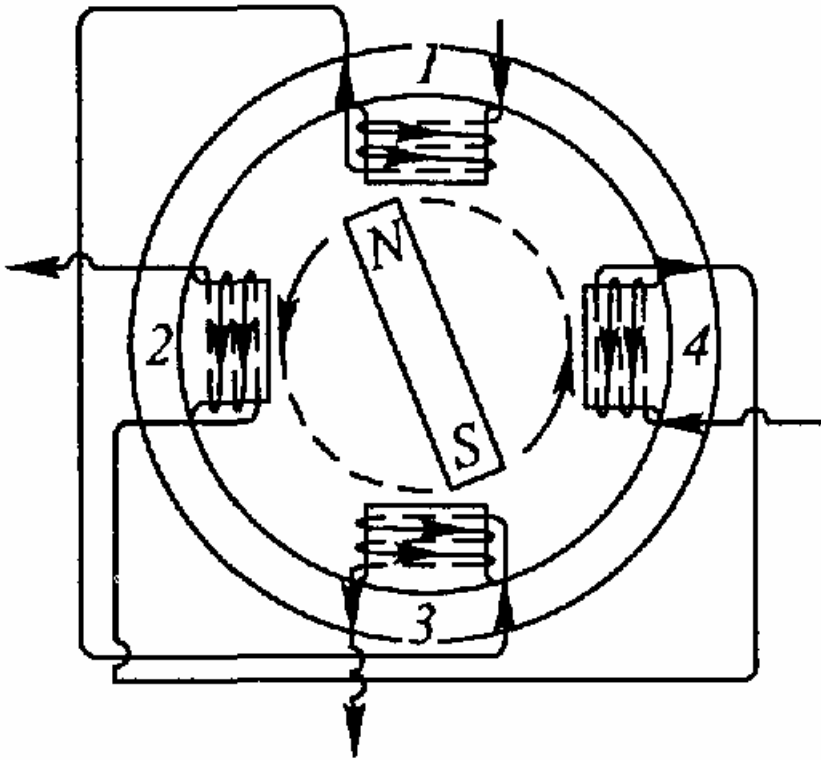


Рис. 2. Электрические двигатели: а - постоянного тока; б - синхронные; в ~ асинхронные с фазным ротором; г - асинхронные трехфазные с коротко замкнутым ротором серии 4А. 1 - вал, 2 ~ шпонка, 3 -подшипник, 4 - статор, 5 - обмотка статора, 6 - ротор (якорь); 7 - вентилятор; 8 - коробка выводов; 9 - лапа, 10 - коллектор; 11 - щетки; l1, l2 - продольное и поперечное расстояния в лапах; l3 - длина выступающего конца вала; l4. - размер выступающей крышки; h - высота оси вращения; d1, d2 - диаметры вала и отверстий в лапах.

Двухфазный ток.



$$E_1 = E_0 \sin(\omega t),$$

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t - 90^\circ).$$

Получение двухфазного тока

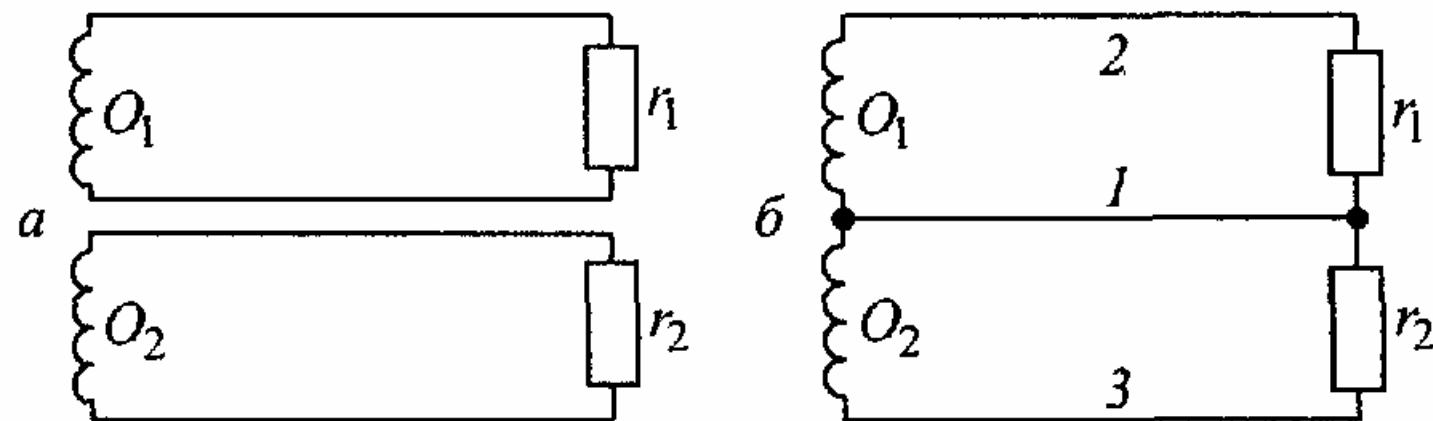


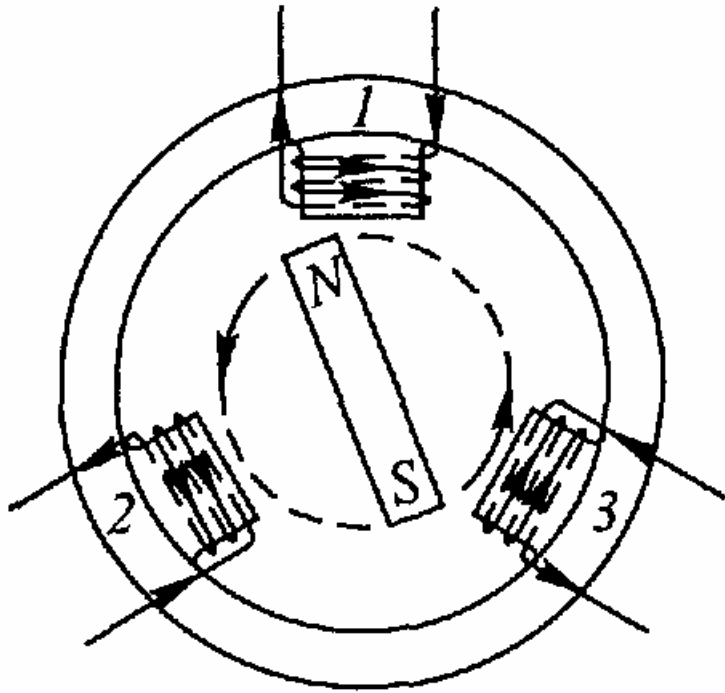
Схема двухфазной системы токов

Напряжения между концами обмоток O_1 и O_2 называют *фазными напряжениями*, токи в O_1 и O_2 — *фазными токами*. Этими же названиями обозначают напряжения и токи в нагрузочных сопротивлениях r_1 и r_2 . Напряжения же между проводами линии 1, 2 и 3 называют *линейными напряжениями*, а токи в этих проводах — *линейными токами*.

Если принять потенциал общего провода 1 за нуль, то

$$\begin{aligned}
 U_{12} &= E_0 \sin(\omega t), \quad U_{13} = E_0 \sin(\omega t - 90^\circ), \quad U_{23} = U_{12} - U_{13} = \\
 &= E_0 \sin(\omega t) - E_0 \sin(\omega t - 90^\circ) = 2E_0 \sin 45^\circ \cos(\omega t - 45^\circ) = \\
 &= \sqrt{2}E_0 \sin(\omega t + 45^\circ).
 \end{aligned}$$

Трехфазный ток.

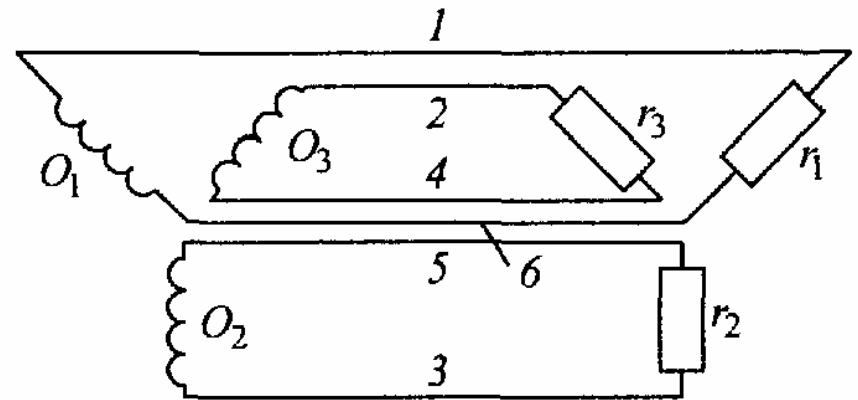


Получение трехфазного тока

$$E_1 = E_0 \sin(\omega t),$$

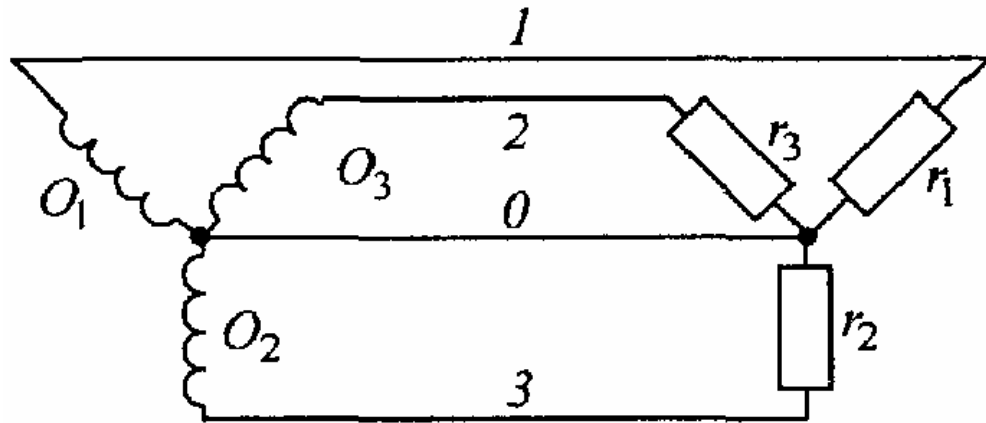
$$E_2 = E_0 \sin(\omega t - 120^\circ),$$

$$E_3 = E_0 \sin(\omega t - 240^\circ).$$

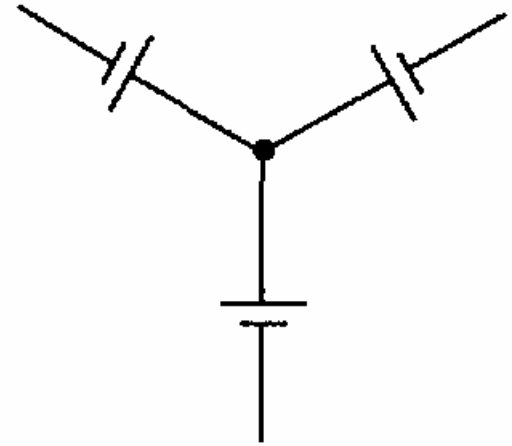


Трехфазная система токов

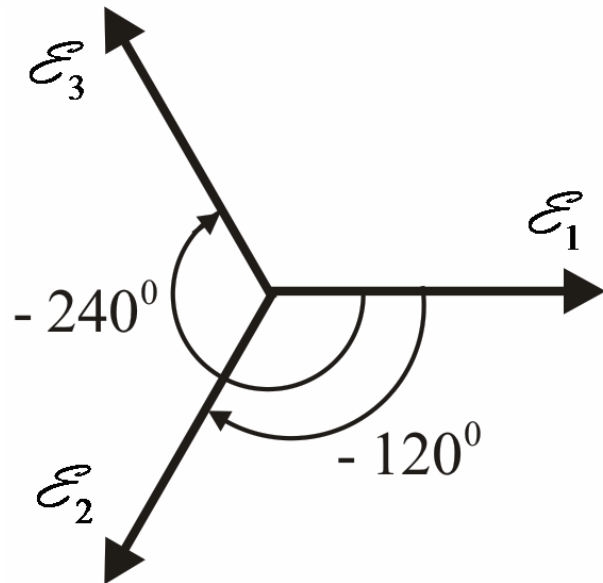
Соединение обмоток генератора и нагрузки «звездой»
и «треугольником». Фазное и линейное напряжения.

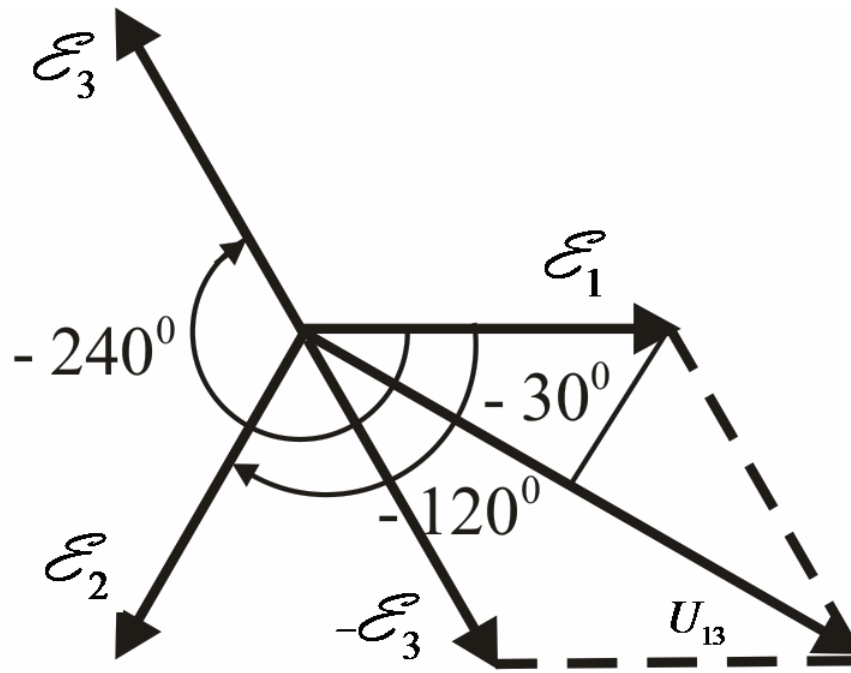


Соединение звездой



Соединение трех
источников тока звездой

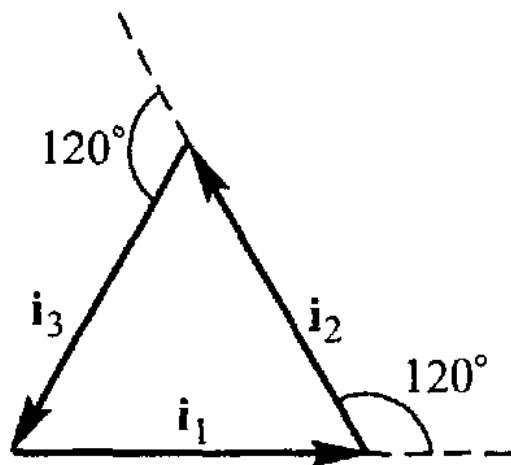




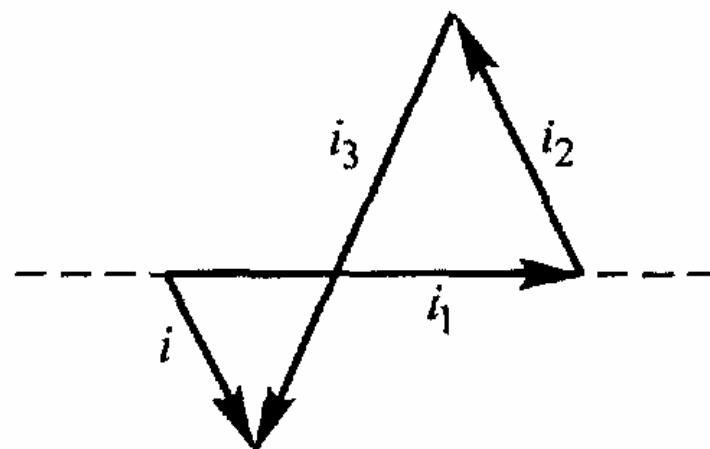
$$\begin{aligned}
 U_{13} &= \mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_3 = \mathbf{E}_0 \sin(\omega t) - \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - 240^\circ) = \\
 &= 2\mathbf{E}_0 \underbrace{\cos(30^\circ)}_{\sqrt{3}/2} \sin(\omega t - 30^\circ) = \sqrt{3}\mathbf{E}_0 \sin(\omega t - 30^\circ).
 \end{aligned}$$

Аналогично получим

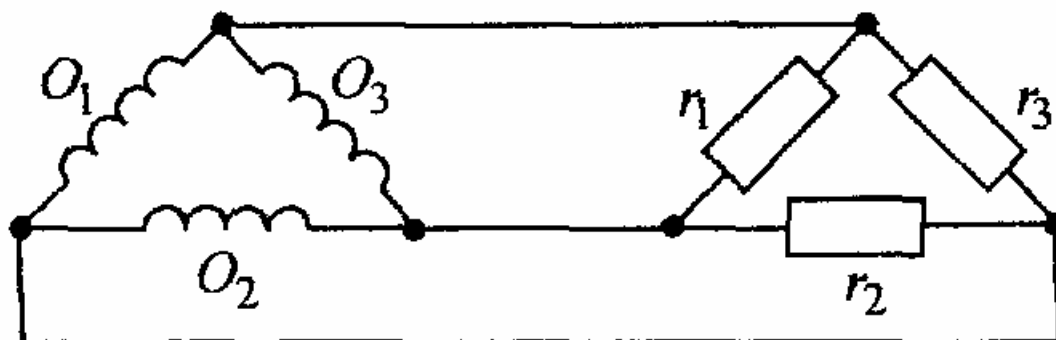
$$U_{12} = \mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2 = \mathbf{E}_0 \sin(\omega t) - \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - 120^\circ) = \sqrt{3}\mathbf{E}_0 \sin(\omega t + 30^\circ).$$



Векторная диаграмма токов в нулевом проводе. Симметричная нагрузка



Векторная диаграмма токов в нулевом проводе. Несимметричная нагрузка



Соединение треугольником

Получение и использование вращающегося магнитного поля.

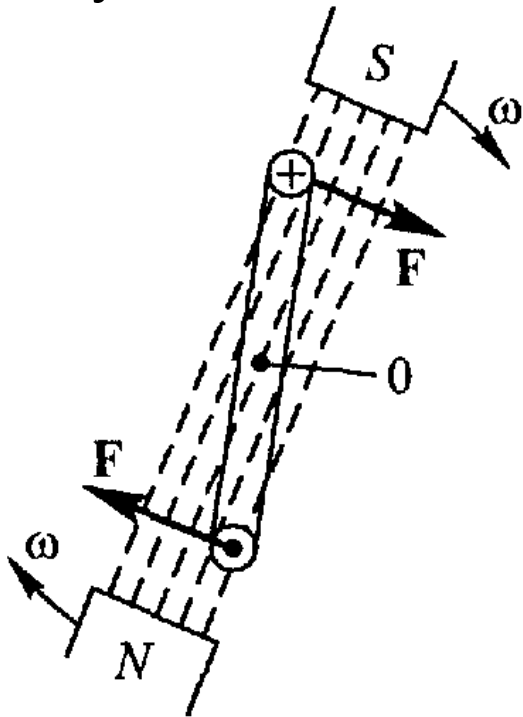


Рис 222. Действие вращающегося магнитного поля на замкнутый виток проволоки

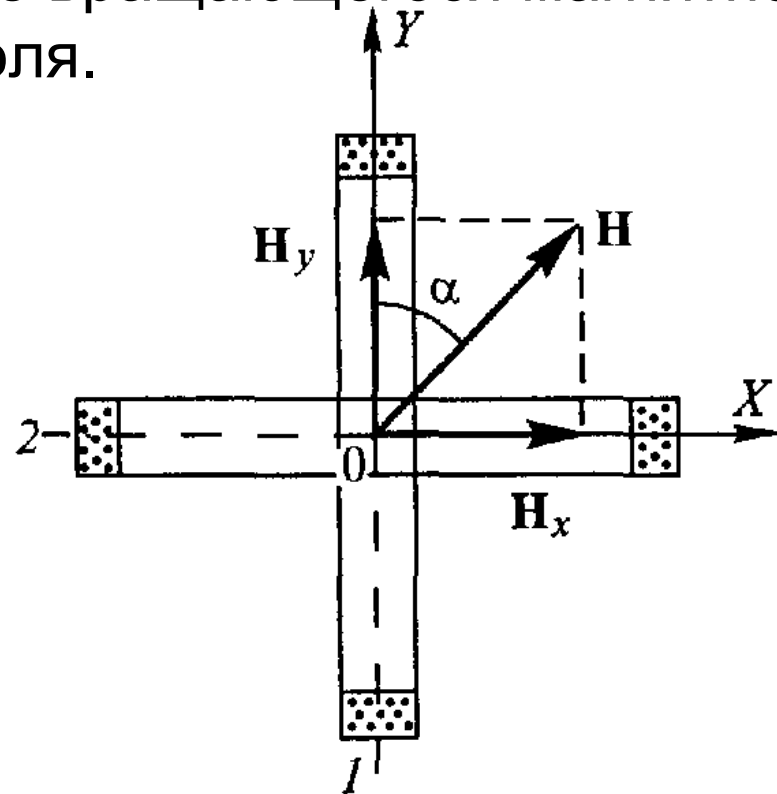
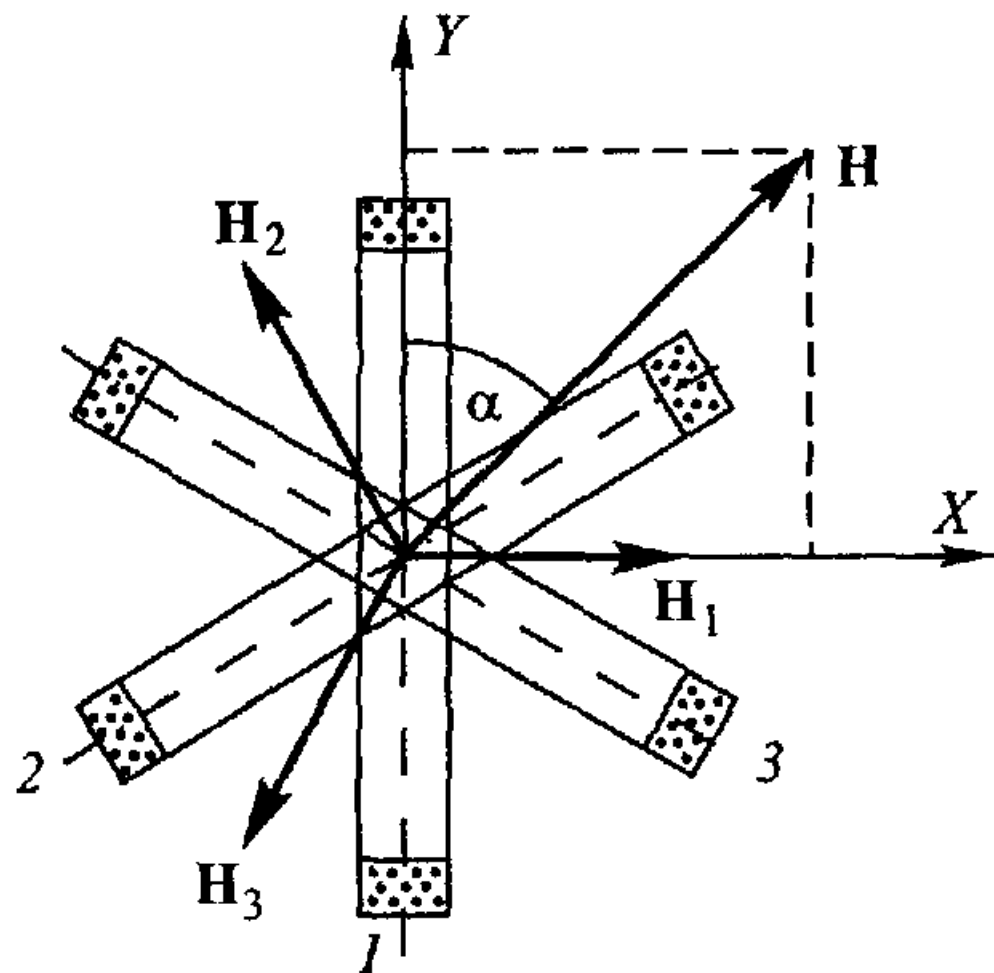


Рис. 223. Возникновение вращающегося магнитного поля двухфазного тока

$$H_x = H_0 \sin \omega t; H_y = H_0 \sin(\omega t - 90^\circ) = -H_0 \cos \omega t.$$



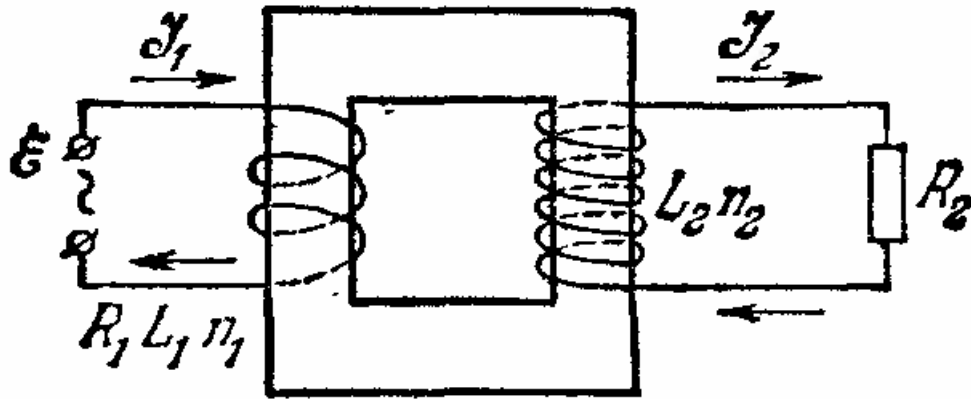
$$H_1 = H_0 \sin \omega t,$$

$$H_2 = H_0 \sin (\omega t - 120^\circ),$$

$$H_3 = H_0 \sin (\omega t - 240^\circ).$$

Рис 224 Возникновение вращающегося магнитного поля трехфазного тока

Трансформатор. Принцип действия, устройство, применение. Коэффициент трансформации. Роль сердечника.



$$R_1 I_1 = \underbrace{U_1}_{\mathcal{E}} - \underbrace{\dot{\Phi}_1}_{i\omega\Phi_1},$$

$$\underbrace{R_2 I_2}_{U_2} = - \underbrace{\dot{\Phi}_2}_{i\omega\Phi_2}.$$

Обычно $I_1 R_1 \ll \mathcal{E} \Rightarrow U_1 = i\omega\Phi_1, U_2 = -i\omega\Phi_2$. $\Phi_1 = n_1\Phi_0, \Phi_2 = n_2\Phi_0$,

$$\frac{|U_2|}{|U_1|} = \frac{n_2}{n_1} = K - \text{коэффициент трансформации.}$$

$$P_1 = P_2; \Rightarrow I_1 U_1 = I_2 U_2; \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

