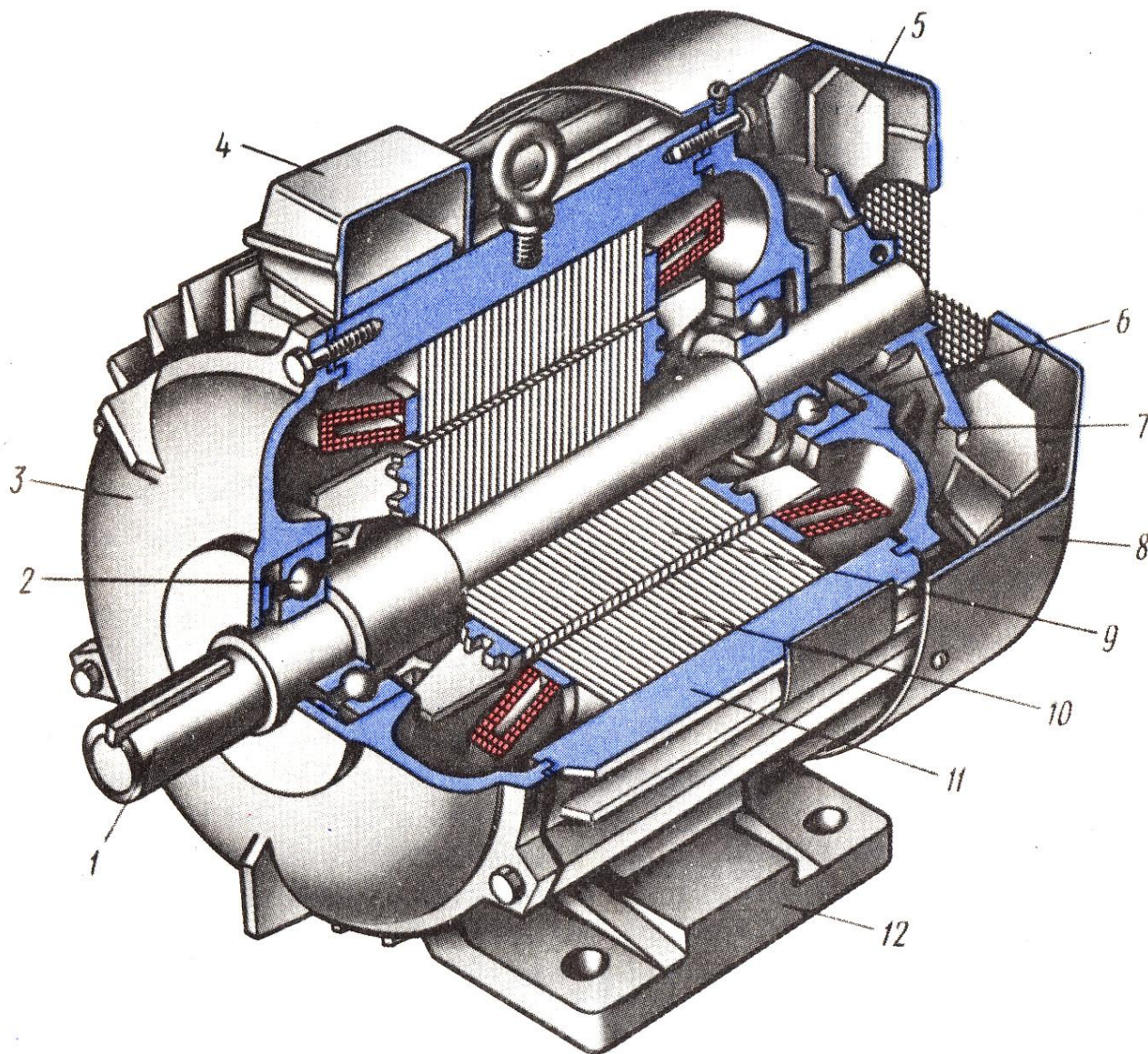


1

# АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ – АД С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ



1-вал

2,6-подшипник

3,7-подшипниковые  
щиты

4-коробка выводов

5-вентилятор

8-кожух вентилятора

9-сердечник ротора с  
короткозамкнутой  
обмоткой

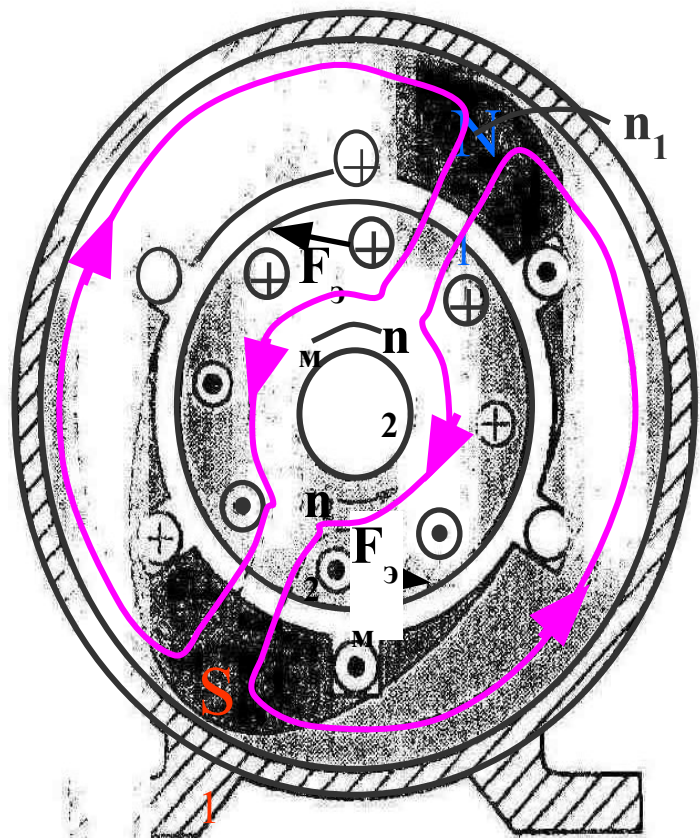
10-сердечник статора  
с обмоткой

11-корпус

12-лапы



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АД



ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ПОЛЯ СТАТОРА АД

$$n_1 = f_1 \quad - \text{ для } 2p = 2.$$

$[n_1] = \text{об/с}$ ;  $[f_1] = \text{Гц}$  - ЧАСТОТА ТОКА.

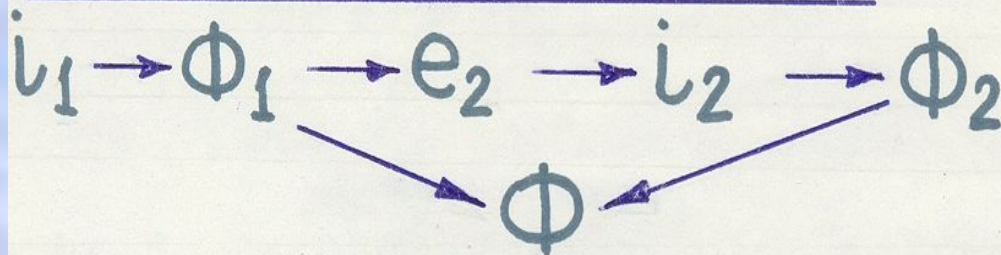
$$n_1 = f_1 / p, \text{ об/с};$$

$$n_1 = 60 \cdot f_1 / p, \text{ об/мин}$$

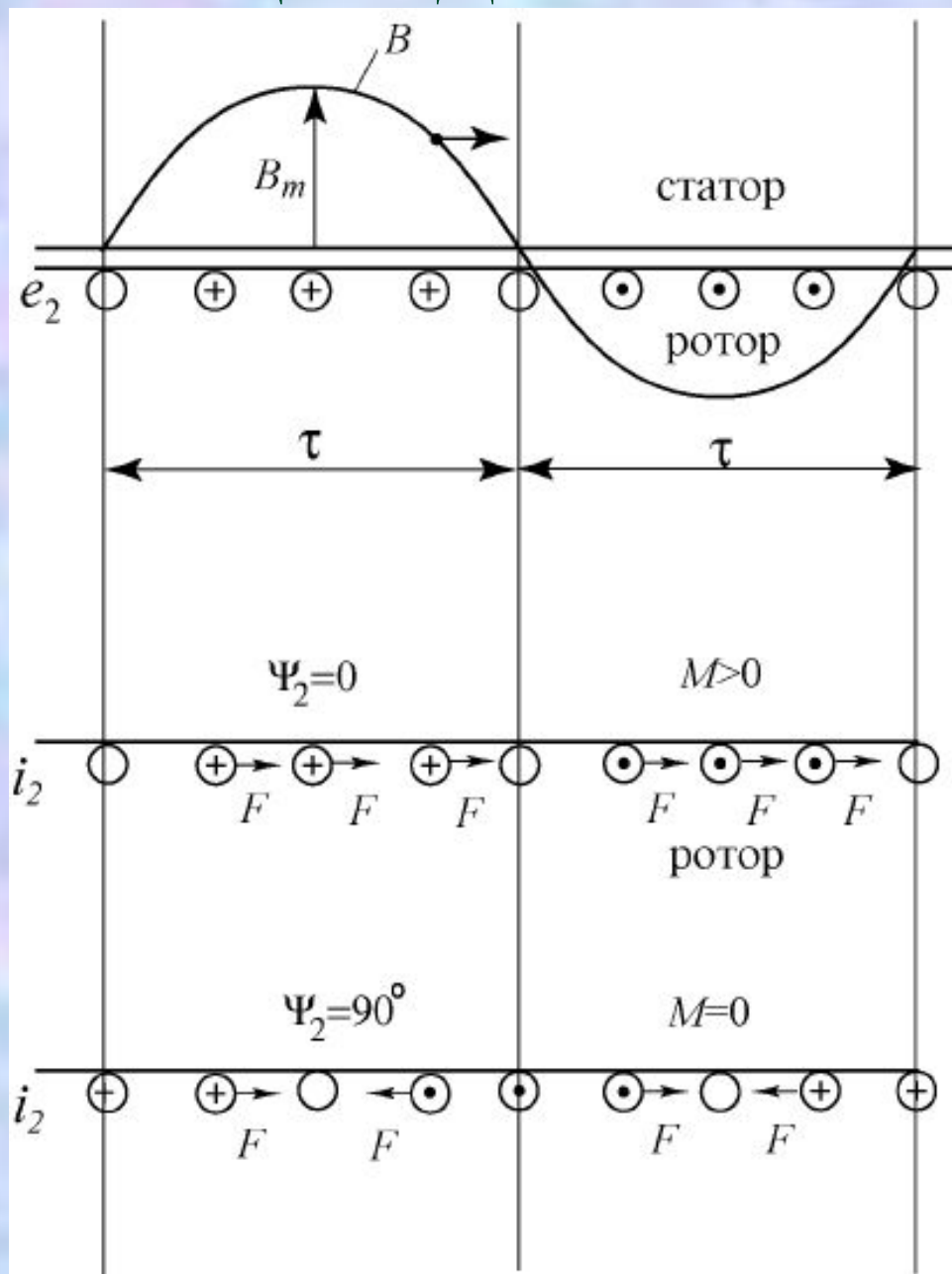
ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ПОЛЯ РОТОРА АД

при  $n = 0$ :  $n_2 = f_2 / p = f_1 / p = n_1, \text{ об/с}$

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АД



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АД





4

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АД СКОЛЬЖЕНИЕ –

величина, характеризующая разность частот вращения  
вращающегося поля статора и ротора

$$s = (n_1 - n_2) / n_1, \text{ o.e.}$$

$$s = (n_1 - n_2) \cdot 100 / n_1, \%$$

**ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ РОТОРА**

$$n_2 = n_1 (1 - s), \text{ o.e.}$$

$$n_2 = (100 - s) \cdot n_1 / 100, \%$$

ДВИГАТЕЛЬ	$0 < n < n_1$	$0 < s < 1$
ГЕНЕРАТОР	$n > n_1$	$s < 0$
Э/М ТОРМОЗ	$n < 0$	$s > 1$

5

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АД ПРИ ВРАЩЕНИИ РОТОРА

Частота тока в обмотке ротора :

$$f_2 = p(n_1 - n_2) = Spn_1 = Sf_1$$

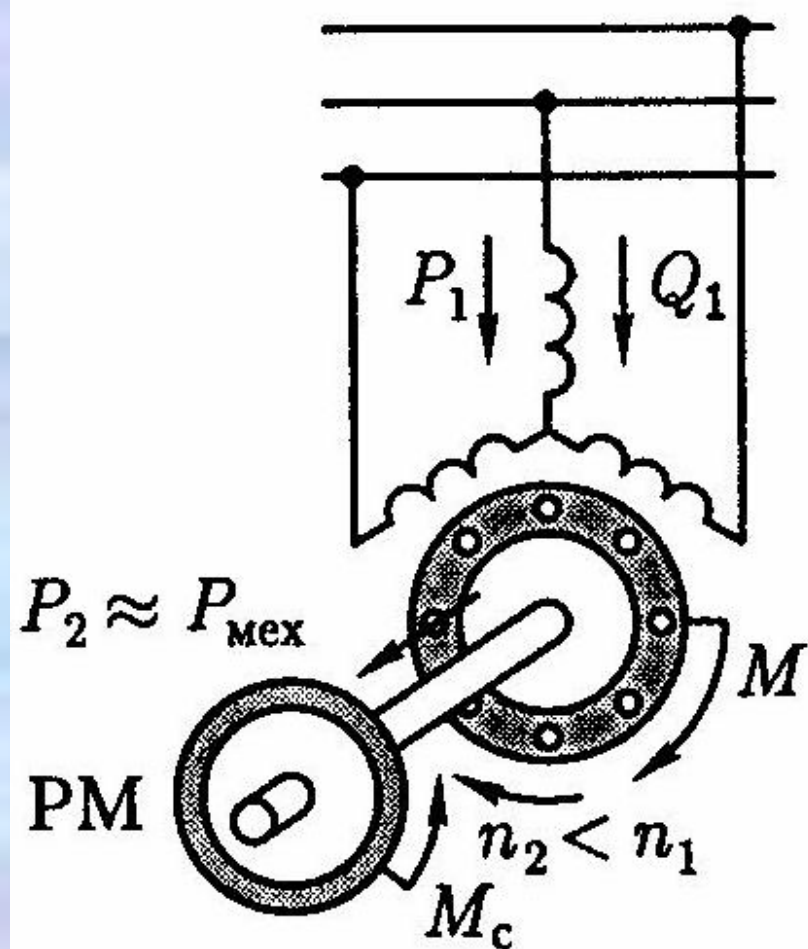
Частота вращения поля ротора АД  
относительно самого ротора  $n_{2p}$  :

$$n_{2p} = f_2 / p = Sn_1$$

относительно статора:

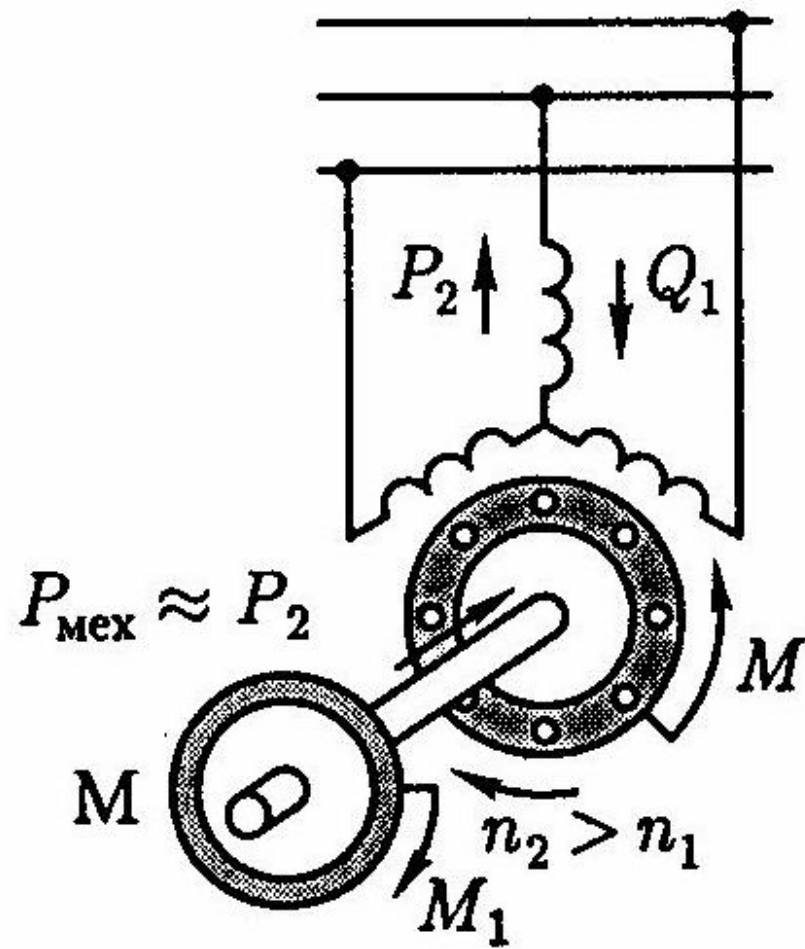
$$n_{2c} = n_2 + n_{2p} = (1 - S)n_1 + Sn_1 = n_1$$

# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АД



Двигательный режим

$$0 < s < 1$$



Генераторный режим

$$-\infty < s < 0$$



## УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ АД ДЛЯ ОБМОТКИ СТАТОРА

*Основной магнитный поток  $\Phi$ , вращающийся с частотой  $n1$ , наводит в неподвижной обмотке статора ЭДС  $E1$ :*

$$E_1 = 4,44 f_1 \Phi w_1 k_{об1}$$

*Магнитный поток рассеяния  $\Phi\sigma1$  наводит в обмотке статора ЭДС*

$$E_{\sigma 1} = -jI_1 x_1$$

где  $x_1$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазной обмотки статора.

# УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ АД ДЛЯ ОБМОТКИ СТАТОРА

*Для цепи обмотки статора АД, с  
напряжением  $U_1$*

$$U_1 + E_1 + E_{\sigma 1} = I_1 r_1$$

где  $I_1 r_1$  – падение напряжения на активном  
сопротивлении обмотки статора

*Уравнение напряжений  
обмотки статора АД:*

$$U_1 = (-E_1) + jI_1 x_1 + I_1 r_1$$



9

## УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ АД ДЛЯ ОБМОТКИ РОТОРА

*Основной магнитный поток  $\Phi$ , обгоняя ротор с частотой  $n_s = (n_1 - n_2)$ , индуцирует в обмотке ротора ЭДС:*

$$E_{2s} = 4,44 f_2 \Phi w_2 k_{об2}$$

*Частота скольжения:*

$$f_2 = p n_s / 60 = p(n_1 - n_2) / 60;$$

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n_2)}{60} \frac{n_1}{n_1} = \frac{p n_1}{60} \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} = f_1 s$$

$$E_{2s} = 4,44 f_1 s \Phi w_2 k_{об2} = E_2 s$$

# УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ АД ДЛЯ ОБМОТКИ РОТОРА

*Поток рассеяния ротора  $\Phi_{\sigma 2}$  индуцирует*

*в обмотке ротора ЭДС*

$$E_{\sigma 2} = -jI_2 x_2 s$$

где  $x_2$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазной обмотки ротора.

*Для цепи ротора АД:*

$$E_{2s} + E_{\sigma 2} = I_2 r_2$$

где  $r_2$  – активное сопротивление обмотки ротора.

*Уравнение напряжений*

*обмотки ротора АД:*

$$E_2 - jI_2 x_2 - I_2 r_2 / s = 0$$



**УРАВНЕНИЯ МДС И ТОКОВ АД**  
*Основной магнитный поток  $\Phi$  в АД  
 создается совместным действием МДС  
 обмоток статора  $F_1$  и ротора  $F_2$ :*

$$\Phi = (F_1 + F_2) / R_m = F_0 / R_m$$

$R_m$  – сопротивление магнитной цепи двигателя;

$F_0$  – результирующая МДС двигателя численно равная  
 МДС обмотки статора в режиме ХХ

$$F_0 = 0,45 m_1 I_0 w_1 k_{об1} / p;$$

$$F_1 = 0,45 m_1 I_1 w_1 k_{об1} / p;$$

$$F_2 = 0,45 m_2 I_2 w_2 k_{об2} / p$$

$$U_1 = const \Rightarrow U_1 \approx (-E_1) \Rightarrow$$

$$F_0 = F_1 + F_2 = const$$

$$0,45m_1I_0\omega_1k_{o\delta 1} / p = 0,45m_1I_1\omega_1k_{o\delta 1} / p + 0,45m_2I_2\omega_2k_{o\delta 2} / p$$

**Уравнение токов АД:**

$$I_0 = I_1 + I_2 \frac{m_2\omega_2k_{o\delta 2}}{m_1\omega_1k_{o\delta 1}} = I_1 + I_2';$$

$$I_2' = I_2 \frac{m_2\omega_2k_{o\delta 2}}{m_1\omega_1k_{o\delta 1}};$$

$$I_1 = I_0 + (-I_2')$$



# 13 ПРИВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТКИ РОТОРА

при неподвижном роторе  $s=1$

$$\dot{E}'_2 = \dot{E}_2 \cdot k_e, \quad \text{где}$$

$$k_e = \dot{E}_1 / \dot{E}_2 = k_{об1} \cdot W_1 / k_{об2} \cdot W_2$$

# 14 ПРИВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТКИ РОТОРА

при неподвижном роторе  $s=1$

$$I_2' = I_2 / k_i, \text{ где}$$

$$k_i = m_1 \cdot w_1 \cdot k_{об1} / m_2 \cdot w_2 \cdot k_{об2}$$

$k_e, k_i$  — КОЭФФИЦИЕНТЫ

ТРАНСФОРМАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

$$r_2' = r_2 \cdot k_e \cdot k_i;$$

$$X_{\sigma 2}' = X_{\sigma 2} \cdot k_e \cdot k_i$$



# ПРИВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТКИ РОТОРА

РОТОР КОРОТКОЗАМКНУТЫЙ

$$w_2 = 0,5; \quad k_{об2} = 1; \quad m_2 = z_2$$

РОТОР ФАЗНЫЙ

$$m_2 = m_1, \quad \text{ПОЭТОМУ} \quad k_e = k_i$$

# 16 ПРИВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТКИ РОТОРА

*Уравнение напряжений обмотки ротора  
в приведенном виде:*

$$\dot{E}'_2 - j\dot{I}'_2 \cdot X'_{\sigma 2} - \dot{I}'_2 \cdot r'_2 / s = 0$$

$$\begin{aligned} r'_2 / s &= r'_2 / s - r'_2 \cdot s / s + r'_2 = \\ &= r'_2 + r'_2 (1 - s) / s \end{aligned}$$



# ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА АД

*Уравнение токов АД:*

$$I_0 = I_1 + I_2 \frac{m_2 w_2 k_{об2}}{m_1 w_1 k_{об1}} = I_1 + I_2';$$

*Уравнение напряжений обмотки статора АД:*

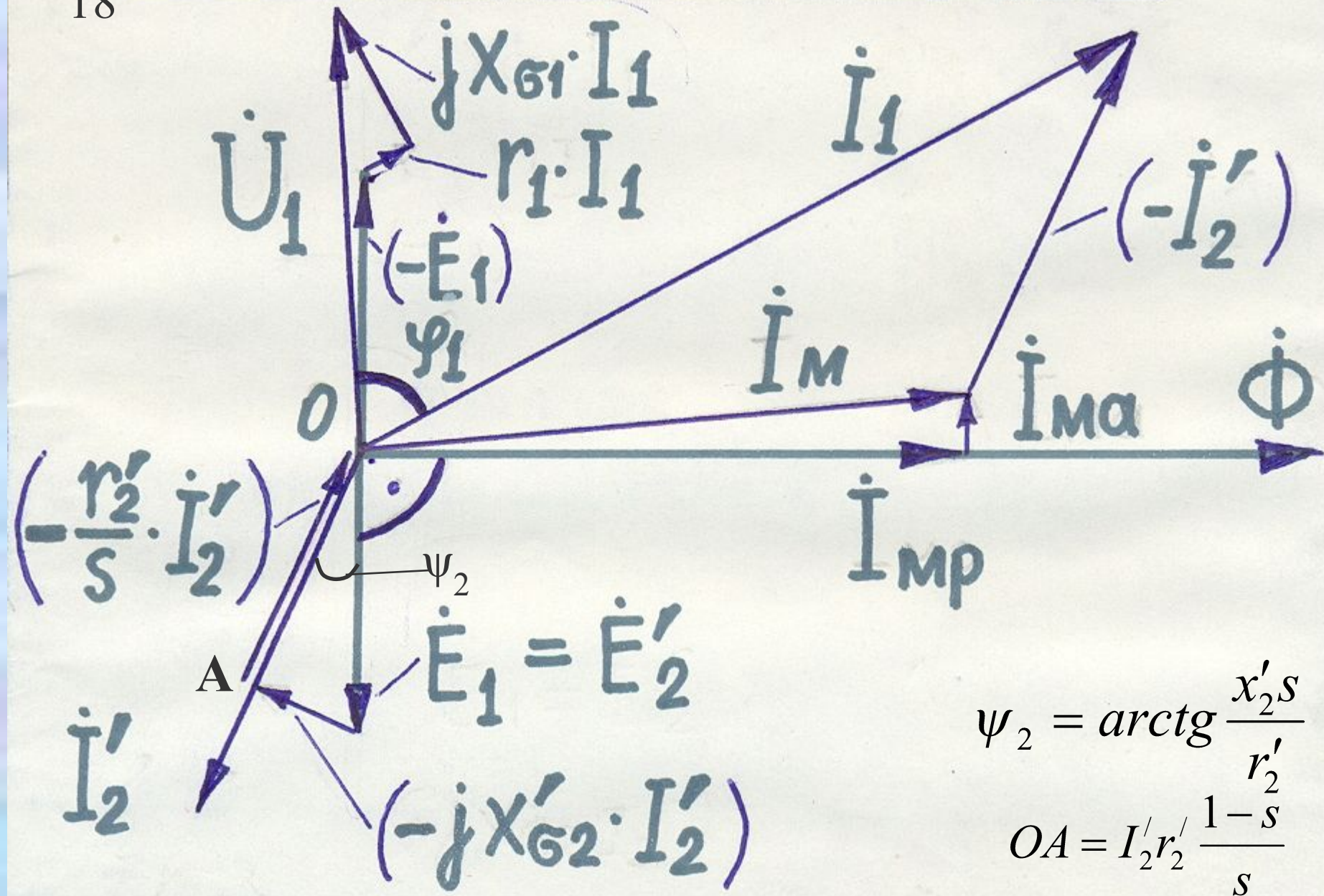
$$U_1 = (-E_1) + jI_1 x_1 + I_1 r_1$$

*Уравнение напряжений обмотки ротора  
в приведенном виде:*

$$0 = E_2' - jI_2' x_2' - I_2' r_2' - I_2' r_2' (1 - s) / s$$

# ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА АД

18

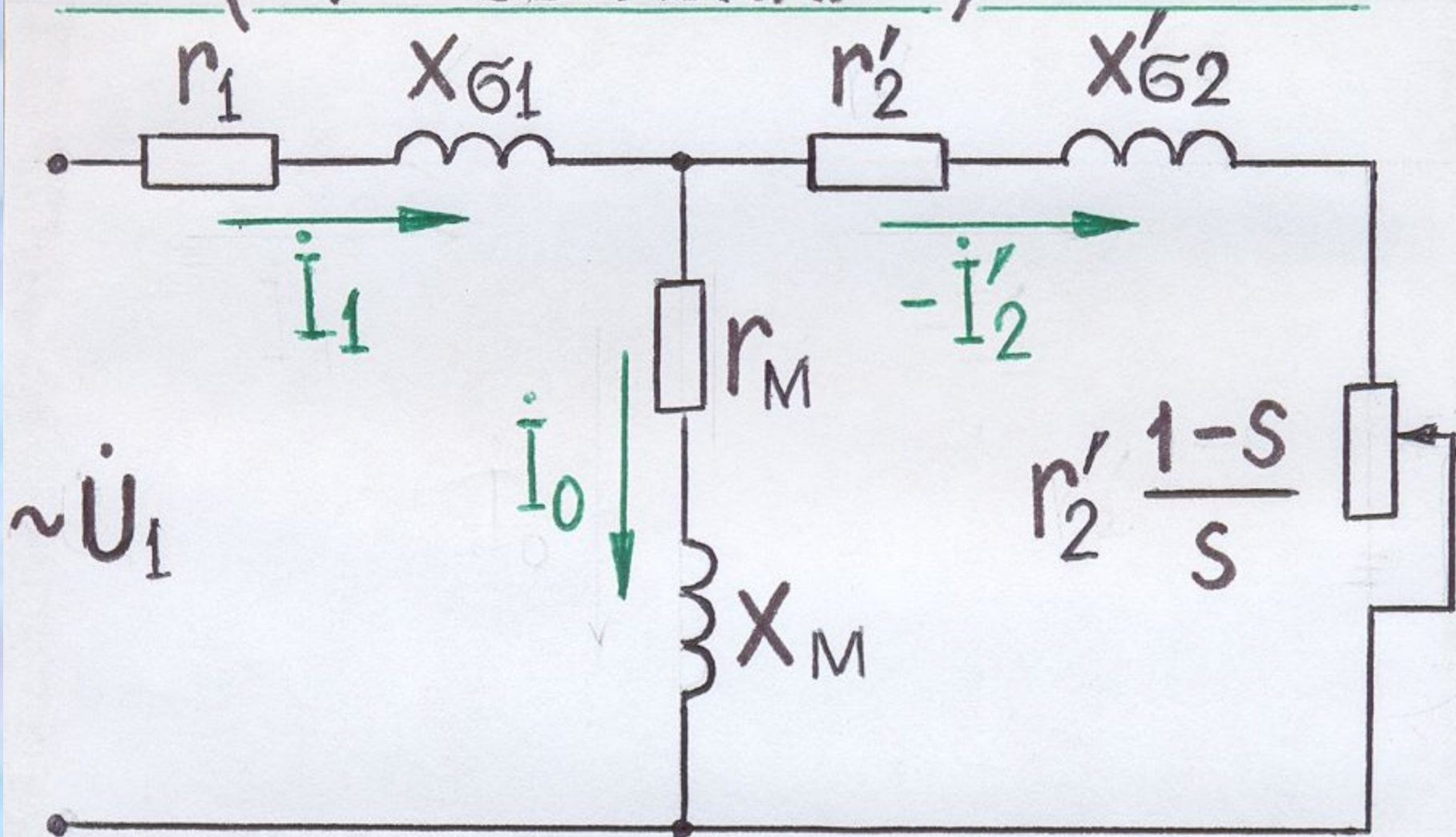


$$\psi_2 = \arctg \frac{x'_2 s}{r'_2}$$

$$OA = I'_2 r'_2 \frac{1-s}{s}$$

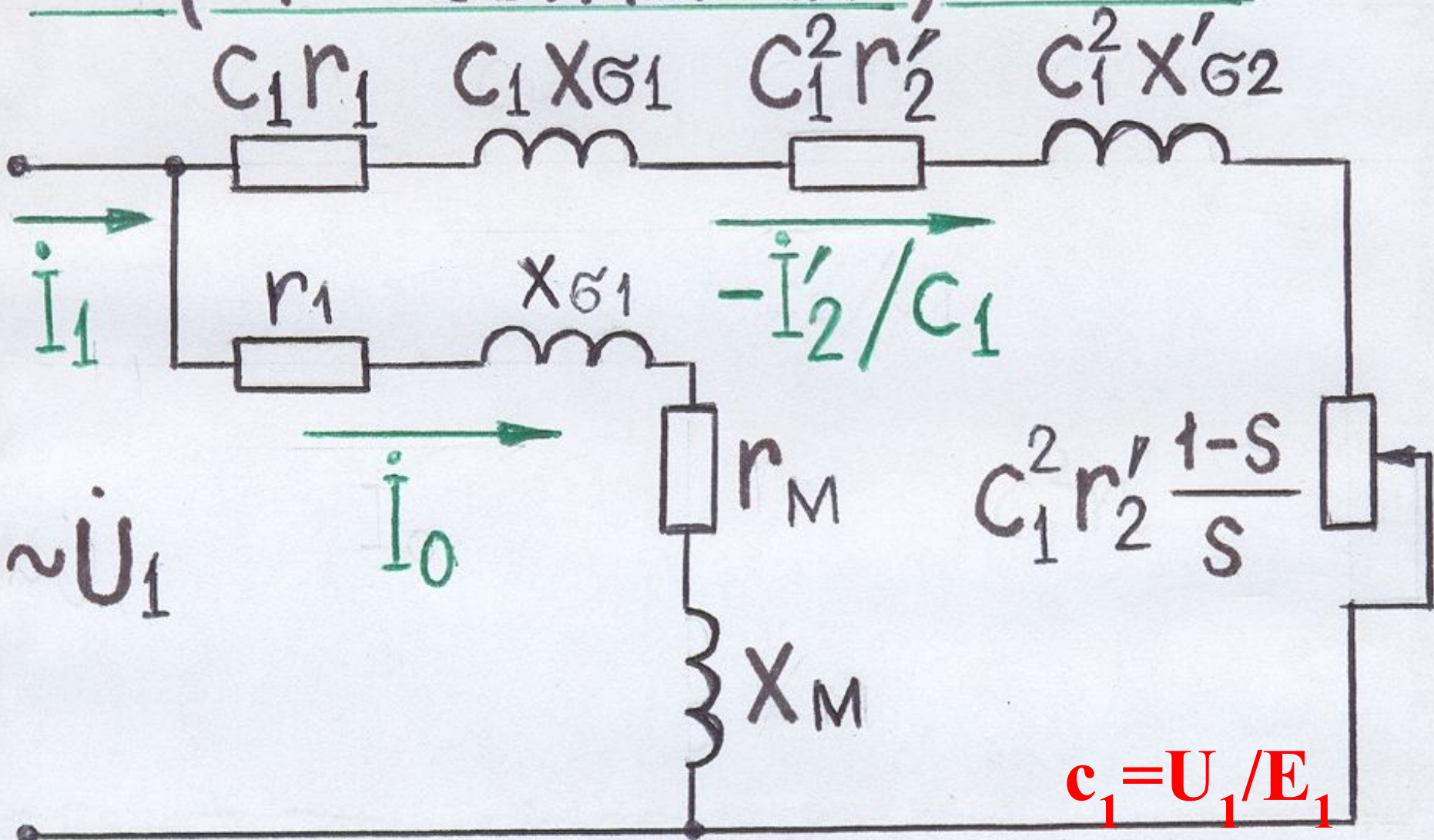


# СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ АД (Т-ОБРАЗНАЯ)



# СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ АД

( Г - ОБРАЗНАЯ )





**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**