

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО КАТАЛОЖНЫМ ДАННЫМ

М. П. ТАБИНСКИЙ

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

Для анализа работы асинхронного двигателя обычно используется так называемая Г-образная, или уточненная, эквивалентная схема замещения с намагничивающим контуром, вынесенным на зажимы первичной цепи (рис. 1).

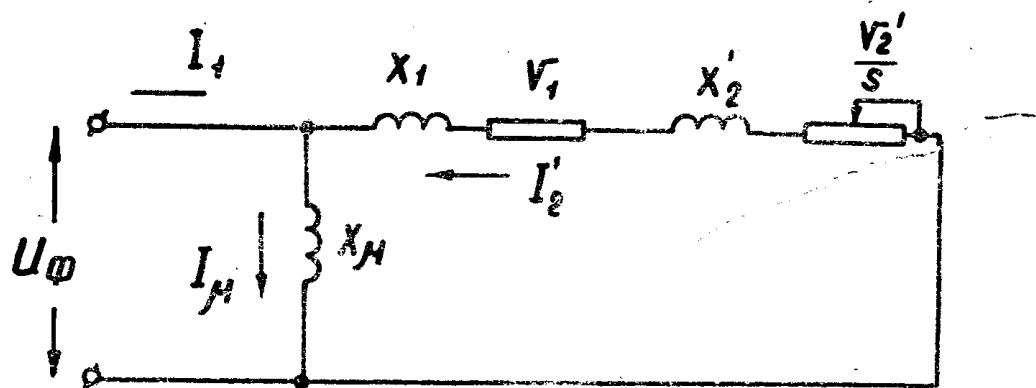


Рис. 1

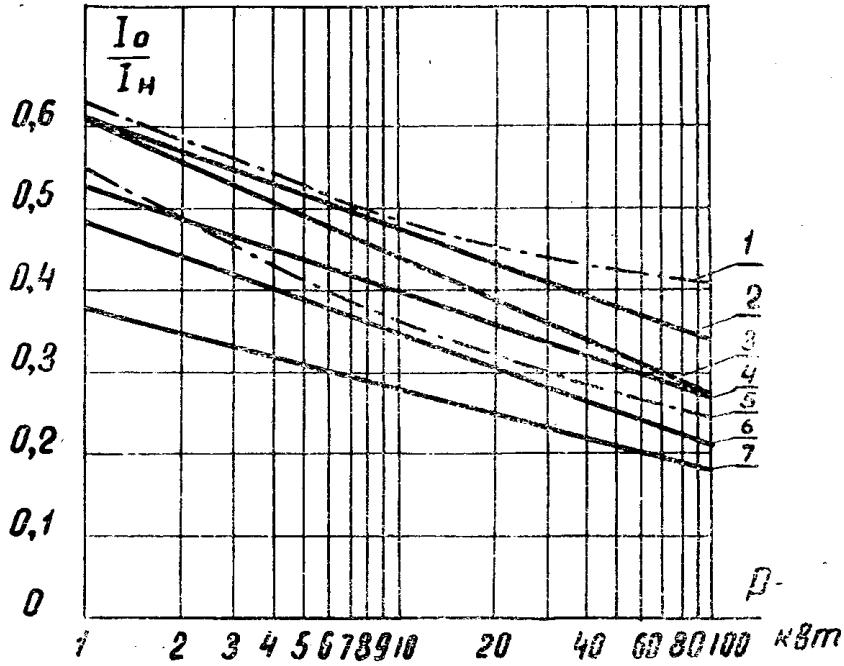
вичной цепи (рис. 1). Для определения параметров схемы замещения с допустимой при инженерных расчетах точностью (максимальная относительная погрешность не больше  $10 \pm 15\%$ ), кроме технических данных двигателей:

$$P_n, U_n, I_n, \cos\phi_n, \tau_n, \frac{I_{\text{пуск}}}{I_n}, \frac{M_{\text{пуск}}}{M_n}, \frac{M_{\text{макс}}}{M_n},$$

которые приводятся в справочной литературе, необходимо еще знать намагничающий ток  $I_\mu$  (реактивную составляющую тока холостого хода, а также приведенный к первичному контуру ток  $I'_{2n}$ ). Так как активная составляющая тока холостого хода очень мала по сравнению с  $I_\mu$ , можно считать  $I_\mu \approx 10$ .

Величина тока  $I_0$  для двигателей серий А, АО и АК находится по схеме рис. 2, где по оси абсцисс в логарифмическом масштабе отложена  $P_h$ , а по оси ординат отношение  $\frac{I_0}{I_h}$ . Ток  $I_0$  асинхронных двигателей других серий, для которых справедлива схема замещения рис. 1, можно вычислить по формуле:

$$I_0 = \frac{Q_0}{3 U_{\text{фаз}}} \cdot 1000 [\text{а}]. \quad (1)$$



- 1—двигатели серии АК = 75 и 1000 об/мин;
- 2—двигатели серии А и АО, = 750 об/мин;
- 3—двигатели серии А и АС, = 1000 об/мин;
- 4—двигатели серии А и АО, = 1500 об/мин;
- 5—двигатели серии АК, = 1500 об/мин;
- 6—двигатели серии А == 3000 об/мин;
- 7—двигатели серии АО, == 300 об/мин.

Рис. 2

где  $Q_0$  — реактивная мощность на холостом ходу двигателя [квар], которая находится при помощи эмпирической формулы [1]:

$$Q_0 \approx \frac{P_h}{\eta_h} \cdot m, \quad (2)$$

где  $m$  — расчетный коэффициент, зависящий от номинального коэффициента мощности  $[\cos \varphi_h]$ , определяемый по рис. 3.

После определения тока  $I_0$  можно найти ток  $I_2'$  из векторной диаграммы напряжений и токов двигателя при номинальном режиме (рис. 4). Из рис. 4 видно, что ток  $I_0$  отстает примерно на  $90^\circ - \varphi_h$  от тока  $I_1 = I_h$ .

Поэтому ток  $I_{2H}'$  может быть найден по треугольнику АOB графически или по формуле

$$I_{2H}' = \frac{I_h \cos \varphi_h}{\sin \left\{ \operatorname{arctg} \left[ \frac{I_h - I_0}{I_h + I_0} \operatorname{ctg} \frac{90^\circ - \varphi_h}{2} \right] + 0,5(90^\circ + \varphi_h) \right\}} \quad (3)$$

После определения  $I_0$  и  $I_{2H}'$  данных для нахождения параметров схемы замещения достаточно.

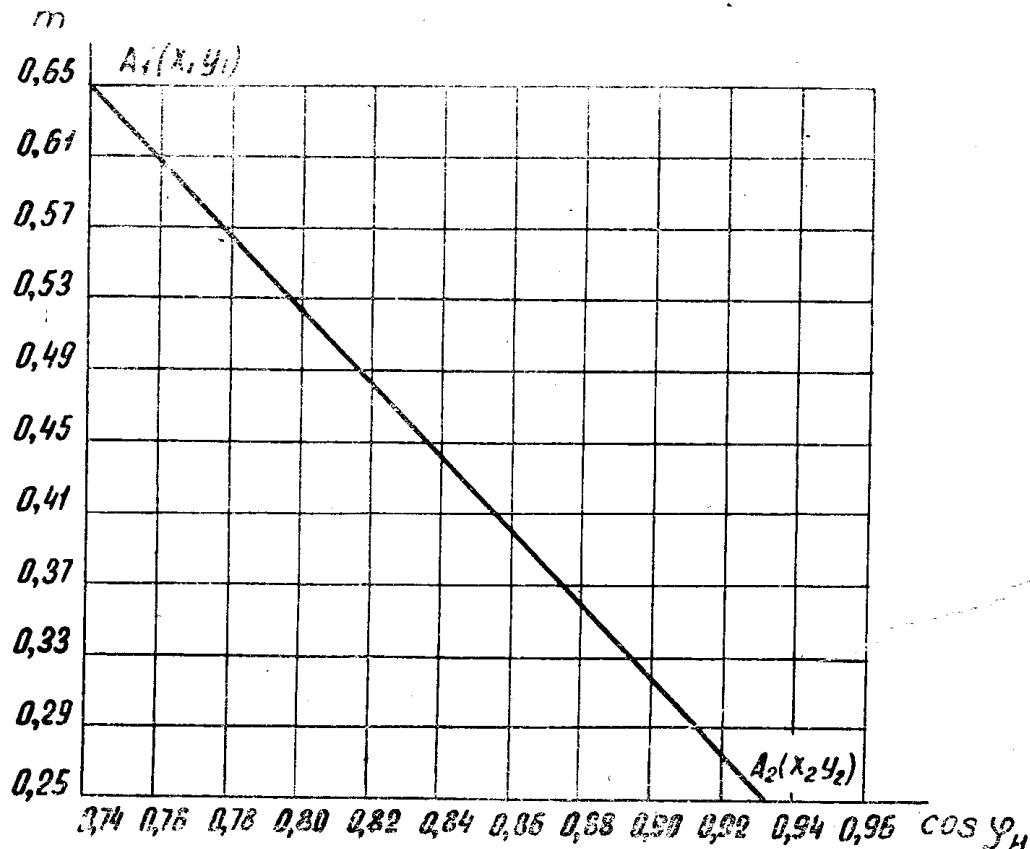


Рис. 3

### 1) Определение сопротивления $r_2'$

Сопротивление  $r_2'$  находят по формуле:

$$r_2' = s_h \frac{U_{\text{фаз}}}{I_{h \text{ фаз}}} \quad (4)$$

Формула (4) вытекает из представления скоростной характеристики асинхронного двигателя на прямолинейном участке в относительных единицах:

$$\gamma = 1 - \rho_2' i_2' ;$$

где

$$\gamma = \frac{n}{n_c}; \quad \rho_2' = \frac{r_2'}{R_h}; \quad R_h = \frac{U_{\text{фаз}}}{I_{h \text{ фаз}}}; \quad i_2' = \frac{I_2'}{I_{2H}'}$$

При  $I_{2n}'$  и  $n_n$  уравнение (5) приобретает вид

$$\frac{n_n}{n_c} = 1 - \frac{r_2'}{R_n}$$

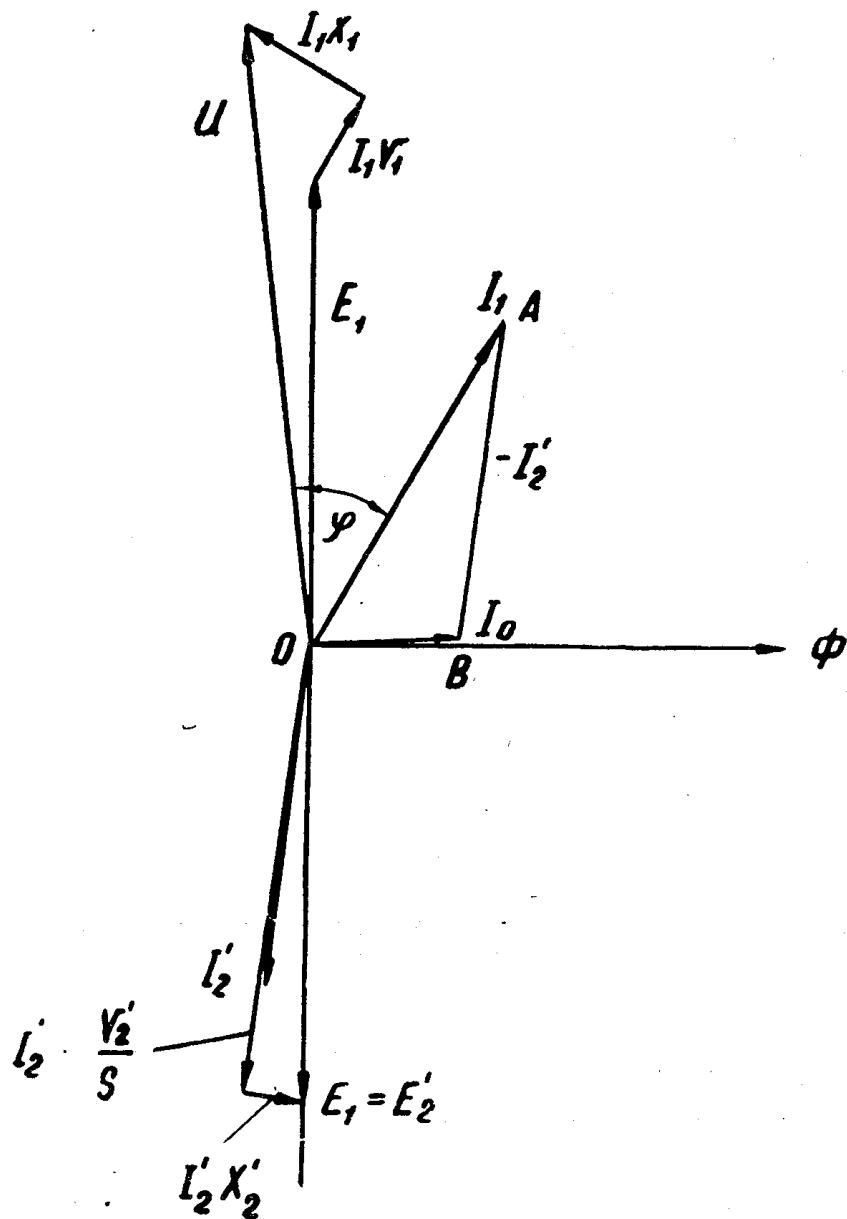


Рис. 4

Откуда следует формула (4).

Сопротивление  $r_2'$  можно определить также, исходя из потерь механической мощности, которые по [2] выражаются формулой

$$3I_{2n}'^2 r_2' = M_n \cdot \omega_c \cdot s_n \quad [\text{Вт}] \quad (6)$$

$$\text{Здесь } M_n = 9560 \cdot \frac{P_n}{n_n} \quad [\text{НМ}] \quad (7)$$

## 2. Определение сопротивления $r_1$

При подстановке координат пускового и номинального режимов двигателя в формулу для расчета тока  $I_2'$ :

$$I_2' = \frac{U}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + \left(x_1 + x'_2\right)^2}} \quad (8)$$

можем получить формулу для нахождения сопротивления  $r_1$ :

$$r_1 = \frac{\left(\frac{U_n}{I_{2n}}\right)^2 - r_2'^2 \left(\frac{1}{s_n^2} - 1\right) - \left(\frac{U_n \cdot K}{I_{пуск}}\right)^2}{2 r'_2 \left(\frac{1}{s_n} - 1\right)} \quad (9)$$

Здесь коэффициент  $K = 0,96 \div 0,98$  учитывает ток  $I_0$ . С меньшей точностью можно принимать  $r_1 \approx r'_2 / 2$ .

### 3) Определение $x_1$ и $x_2'$ .

Для нахождения  $x_k = x_1 + x'_2$  используют ток короткого замыкания:

$$z_k = \sqrt{(r_1 + r'_2)^2 + (x_1 + x'_2)^2} = \frac{U_{фаз}}{I_{пуск} \cdot K} \quad (10)$$

Коэффициент  $K$  учитывает ток холостого хода.

$$K = 0,96 \div 0,98$$

Отсюда получаем:

$$x_k = x_1 + x'_2 = \sqrt{\left(\frac{U_{фаз}}{I_{пуск} \cdot K}\right)^2 - (r_1 + r'_2)^2} \quad [\text{ом}] \quad (11)$$

Разделение  $x_k$  на  $x_1$  и  $x'_2$  не представляется возможным. С достаточной для практических расчетов точностью можно принимать  $x'_2 \approx x_1$  [4].

### 4) Определение $x_\mu$ .

Сопротивление  $x_\mu$  находят по формуле:

$$x_\mu \approx \frac{U_{фаз}}{I_0} \quad [\text{ом}] \quad (12)$$

#### Пример

Двигатель А 42/4 имеет следующие технические данные:

$$P_n = 2,8 \text{ квт}, \quad U_n = 380 \text{ в}; \quad I_n = 6,1 \text{ а}; \quad n_n = 1420 \text{ об/мин};$$

$$\eta_n = 0,835; \quad \cos \varphi_n = 0,84; \quad \frac{I_{пуск}}{I_n} = 5,5; \quad \frac{M_{пуск}}{M_n} = 1,9;$$

$$\frac{M_{макс}}{M_n} = 2,0; \quad \text{сопряжение фаз — звезда.}$$

Параметры сопротивлений схемы замещения, рассчитанные по вышеуказанной методике, следующие:

$$r_2' = 1,93 \text{ ом} \quad x_1 = x_2' = 2,6 \text{ см}$$

$$r_1 = 1,6 \text{ ом} \quad x_\mu = 75 \text{ ом}$$

Те же параметры, определенные экспериментальным путем, следующие:

$$r_2' = 1,96 \text{ ом} \quad x_1 = x_2' = 2,8 \text{ ом}$$

$$r_1 = 1,81 \text{ ом} \quad x_\mu = 74 \text{ ом.}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Б. Литвак. Построение рабочих характеристик асинхронных двигателей по каталогным данным. Промышленная энергетика, 1959, № 4.
2. М. П. Костенко и Л. М. Пиотровский. Электрические машины. ГЭИ, 1958.