

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 пер-

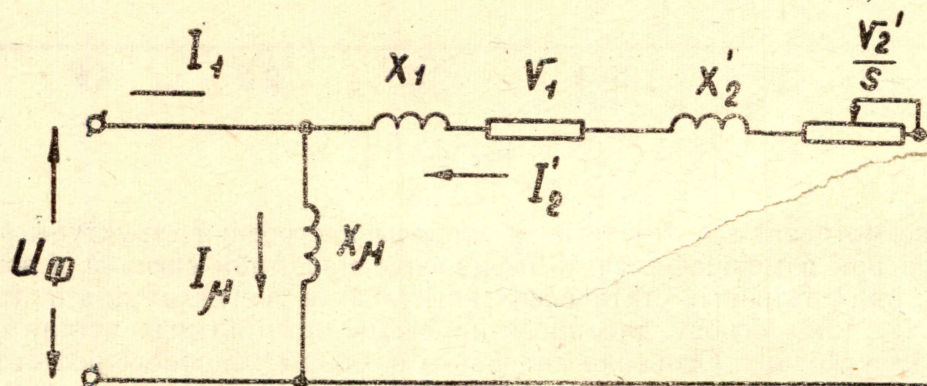


Рис. 1

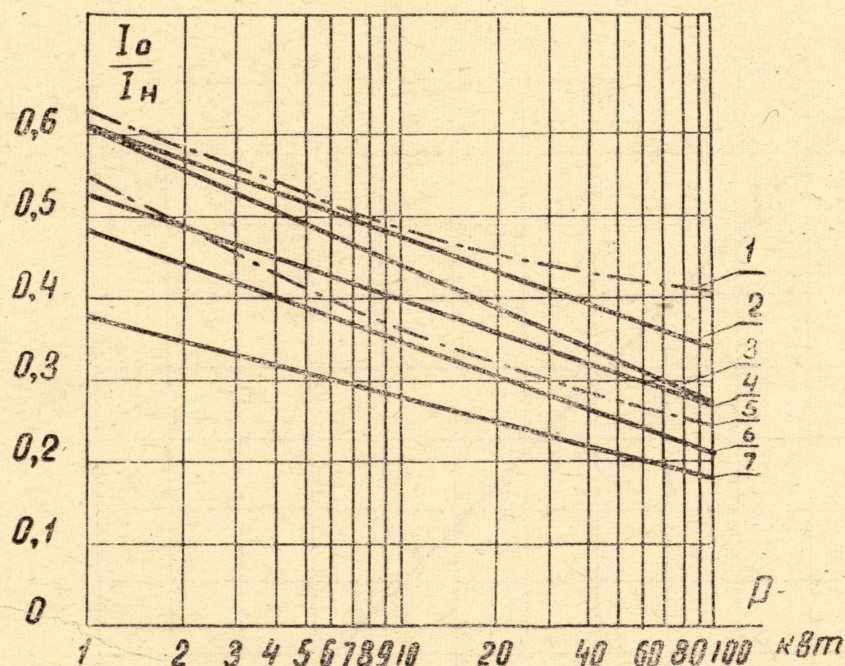
вичной цепи (рис. 1). Для определения параметров схемы замещения с допустимой при инженерных расчетах точностью (максимальная относительная погрешность не больше 10÷15%), кроме технических данных двигателей:

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

которые приводятся в справочной литературе, необходимо еще знать намагничивающий ток I_μ (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_μ , можно считать $I_\mu \approx I_0$.

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

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



- 1—двигатели серии АК = 75 и 1000 об/мин;
- 2—двигатели серии А и АО, = 750 об/мин;
- 3—двигатели серии А и АО, = 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]:

$$Q_0 \approx \frac{P_n}{\eta_n} \cdot m, \quad (2)$$

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

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

Поэтому ток $I'_{2н}$ может быть найден по треугольнику АОВ графически или по формуле

$$I'_{2н} = \frac{I_n \cos \varphi_n}{\sin \left\{ \arctg \left[\frac{I_n - I_0}{I_n + I_0} \operatorname{ctg} \frac{90^\circ - \varphi_n}{2} \right] + 0,5 (90^\circ + \varphi_n) \right\}} \quad (3)$$

После определения I_0 и $I'_{2н}$ данных для нахождения параметров схемы замещения достаточно.

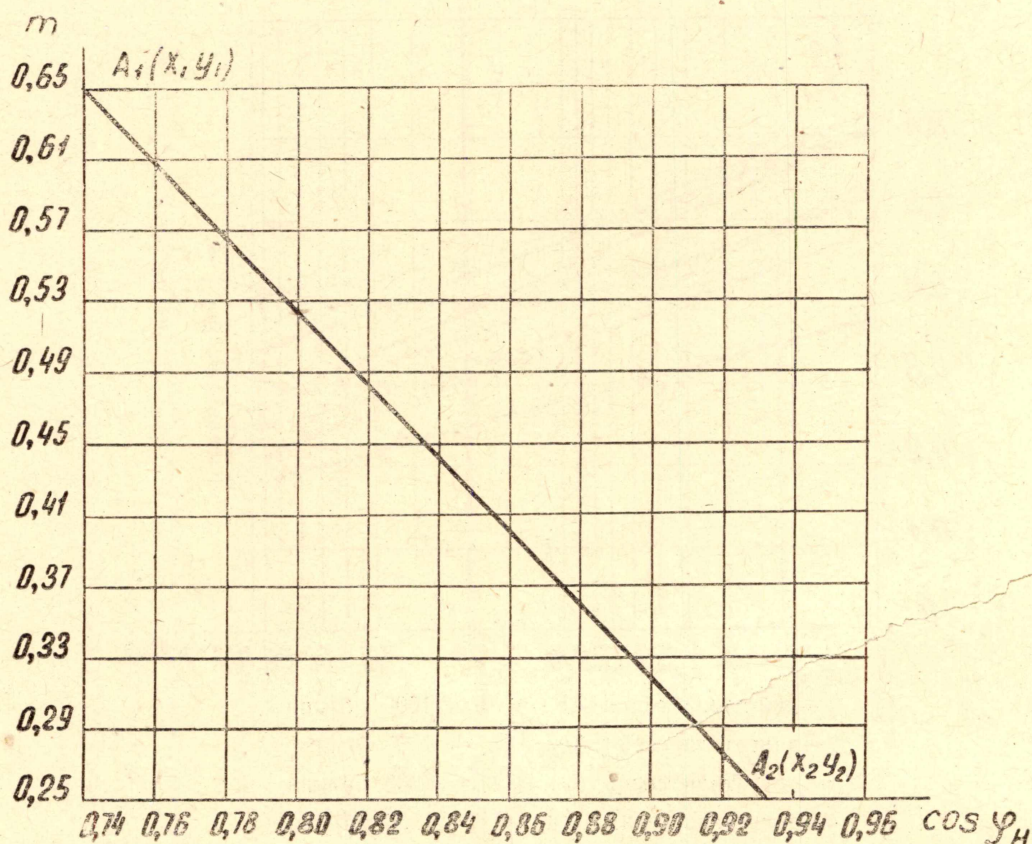


Рис. 3

1) Определение сопротивления r_2'

Сопротивление r_2' находят по формуле:

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

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

$$v = 1 - \rho_2' i_2',$$

где

$$v = \frac{n}{n_c}; \quad \rho_2' = \frac{r_2'}{R_n}; \quad R_n = \frac{U_{\text{фаз}}}{I_{n \text{ фаз}}}; \quad i_2' = \frac{I_2'}{I_{2н}'}$$

При I_{2H}' и η_H уравнение (5) приобретает вид

$$\frac{\eta_H}{\eta_c} = 1 - \frac{r_2'}{R_H}$$

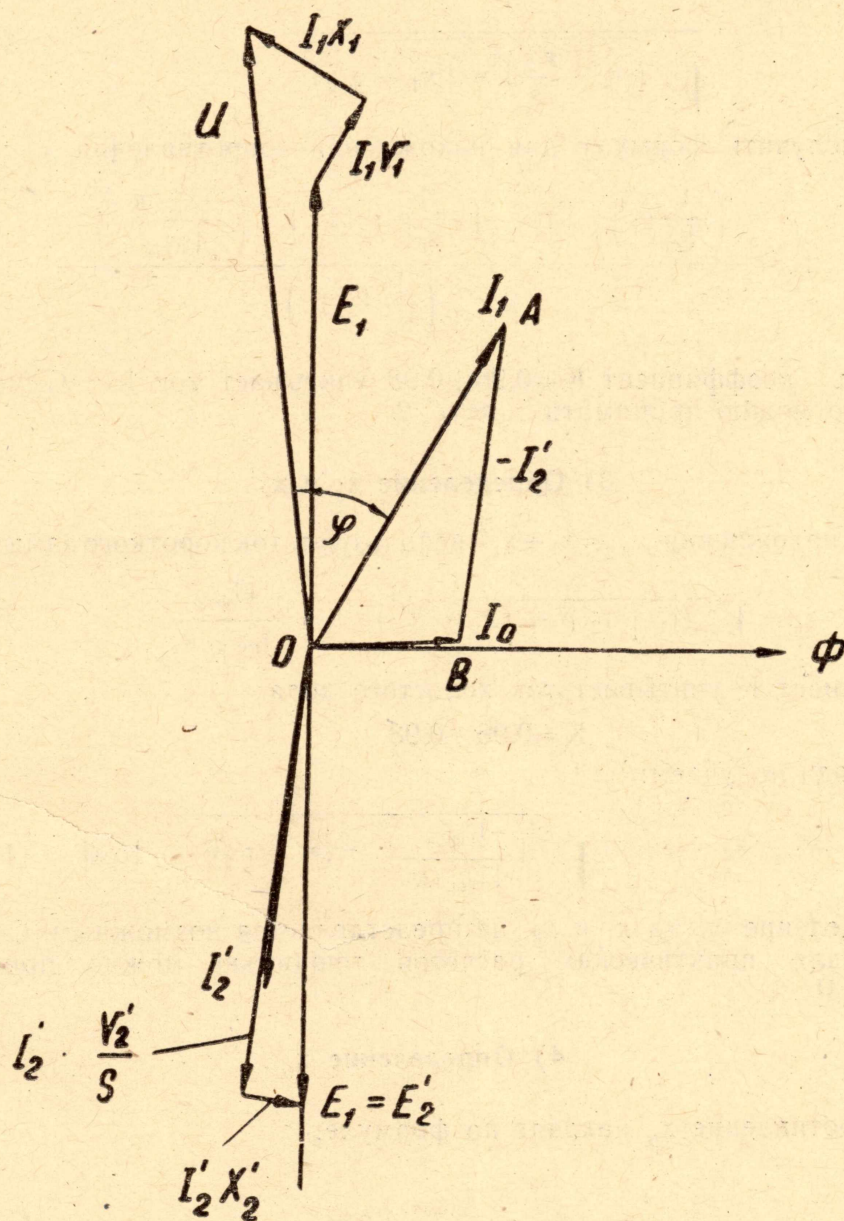


Рис. 4

Откуда следует формула (4).

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

$$3I_{2H}'^2 r_2' = M_H \cdot \omega_c \cdot S_H \quad [\text{Вт}] \quad (6)$$

$$\text{Здесь } M_H = 9560 \frac{P_H}{\eta_H} \quad [\text{Нм}] \quad (7)$$

2. Определение сопротивления r_1

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

$$I_2' = \frac{U}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad (8)$$

можем получить формулу для нахождения сопротивления r_1 ;

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

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:

$$z_k = \sqrt{(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2} = \frac{U_{\text{фаз}}}{I_{\text{пуск}} \cdot K} \quad (10)$$

Коэффициент K учитывает ток холостого хода.

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

Отсюда получаем:

$$x_k = x_1 + x_2' = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{фаз}}}{I_{\text{пуск}} \cdot K}\right)^2 - (r_1 + r_2')^2} \quad [\text{ом}] \quad (11)$$

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_μ .

Сопротивление x_μ находят по формуле:

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

Пример

Двигатель А 42/4 имеет следующие технические данные:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} r_2' &= 1,93 \text{ ом} & x_1 &= x_2' = 2,6 \text{ ом} \\ r_1 &= 1,6 \text{ ом} & x_\mu &= 75 \text{ ом} \end{aligned}$$

Те же параметры, определенные экспериментальным путем, следующие:

$$\begin{aligned} r_2' &= 1,96 \text{ ом} & x_1 &= x_2' = 2,8 \text{ ом} \\ r_1 &= 1,81 \text{ ом} & x_\mu &= 74 \text{ ом.} \end{aligned}$$

ЛИТЕРАТУРА

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