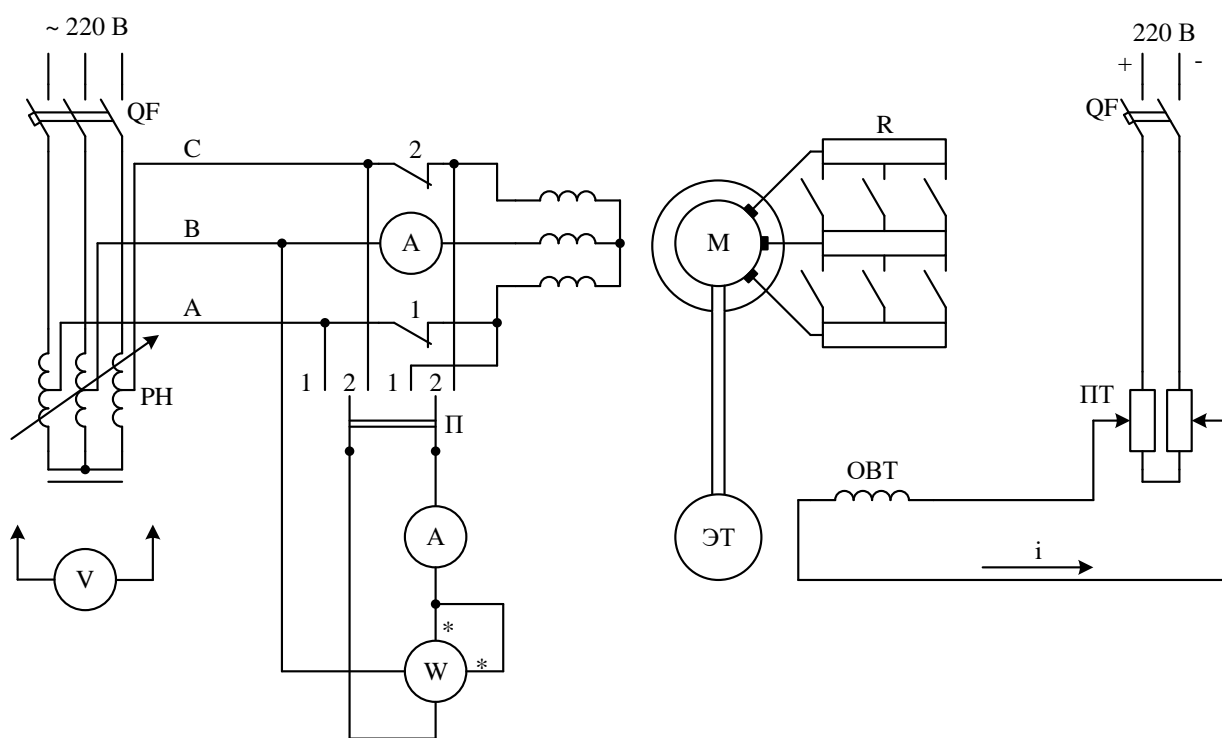


1. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Круговая диаграмма позволяет построить рабочие и механические характеристики асинхронного двигателя на основе опытов холостого хода и короткого замыкания.

Объектом исследования в лабораторной установке, электрическая схема которой показана на рис. 1, является трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором. В цепь фазного ротора с целью регулирования скорости вращения, тока, момента и коэффициента мощности можно вводить различные элементы – как пассивные, так и активные. В этом заключаются его существенные преимущества перед короткозамкнутым ротором.



В качестве нагрузки на валу исследуемого двигателя установлен электромагнитный тормоз ЭТ. Источником регулируемого трехфазного

напряжения служит трансформатор **РН**. Переключатель **П** позволяет измерять трехфазную мощность с помощью однофазного ваттметра, как модуль алгебраической суммы показаний **Р'** и **Р''** в положениях 1 и 2.

Таблица 1

Результаты измерений естественной механической характеристики
($r_d = 0$ Ом)

M_2	[дел] [Н·м]	0,15	0,33	0,7	1,3	1,7	2,5
n	[об/мин]	96	95	93	89	86	76

Таблица 2

Результаты измерений реостатной механической характеристики
($r_d = \dots\dots$ Ом)

M_2	[дел] [Н·м]	0,35	0,5	0,6	1	1,2	1,4
n	[об/мин]	95	92	86	80	75	70

Таблица 3

Результаты измерений опыта холостого хода

U_{ab}	[В]	70	90	110	130	170	190
U_{bc}	[В]	70	90	110	130	170	190
U_{ca}	[В]	70	90	110	130	170	190
I_b	[А]	0,5	1	1,5	1,9	2,2	2,5
I_a	[А]	0,5	1	1,5	1,9	2,2	2,5

P_0'	дел. [Вт]	9,5	12,5	16,5	22	29	37
I_c	[А]	0,5	1	1,	1,9	2,2	2,5
P_0''	дел. [Вт]	9,5	12,5	16,5	22	29	37
$U_{0\phi}$	[В]	40,4	52	63,5	75	98,1	109,6
$I_{0\phi}$	[А]	0,5	1	1,5	1,9	2,2	2,5
$P_{0\phi}$	[Вт]	6,3	8,3	11	14,7	19,3	24,7
$U_{0\phi} I_{0\phi}$	[ВА]	20,2	52	95,2	142,5	215,8	274
$\cos \varphi_{0\phi}$		0,3155	0,16	0,115	0,103	0,089	0,09

$$P_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [9,5 + 9,5] = 6,3 \text{ Вт}$$

$$P_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [12,5 + 12,5] = 8,3 \text{ Вт}$$

$$P_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [16,5 + 16,5] = 11 \text{ Вт}$$

$$P_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [22 + 22] = 14,7 \text{ Вт}$$

$$P_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [29 + 29] = 19,3 \text{ Вт}$$

$$P_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [37 + 37] = 24,7 \text{ Вт}$$

$$I_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [0,5 + 0,5 + 0,5] = 0,5 \text{ А}$$

$$I_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [1,5 + 1,5 + 1,5] = 1,5 \text{ А}$$

$$I_{o\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [1,9 + 1,9 + 1,9] = 1,9 \text{ А}$$

$$I_{0\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [1 + 1 + 1] = 1 \text{ A}$$

$$I_{0\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [2,2 + 2,2 + 2,2] = 2,2 \text{ A}$$

$$I_{0\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [2,5 + 2,5 + 2,5] = 2,5 \text{ A}$$

$$U_{0\phi} \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (70 + 70 + 70) \cdot 0,5 = 20,2 \text{ BA}$$

$$U_{0\phi} \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (90 + 90 + 90) \cdot 1 = 52 \text{ BA}$$

$$U_{0\phi} \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (110 + 110 + 110) \cdot 1,5 = 95,2 \text{ BA}$$

$$U_{0\phi} \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (130 + 130 + 130) \cdot 1,9 = 142,5 \text{ BA}$$

$$U_{0\phi} \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (170 + 170 + 170) \cdot 2,2 = 215,8 \text{ BA}$$

$$U_{0\phi} \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{0\phi} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (190 + 190 + 190) \cdot 2,5 = 274 \text{ BA}$$

$$\cos\varphi_{0\phi} = \frac{P_{0\phi}}{U_{0\phi} \cdot I_{0\phi}} = \frac{6,3}{20} = 0,315$$

$$\cos\varphi_{0\phi} = \frac{P_{0\phi}}{U_{0\phi} \cdot I_{0\phi}} = \frac{8,3}{52} = 0,16$$

$$\cos\varphi_{0\phi} = \frac{P_{0\phi}}{U_{0\phi} \cdot I_{0\phi}} = \frac{11}{95,2} = 0,115$$

$$\cos\varphi_{0\phi} = \frac{P_{0\phi}}{U_{0\phi} \cdot I_{0\phi}} = \frac{14,7}{142,5} = 0,103$$

$$\cos\varphi_{0\phi} = \frac{P_{0\phi}}{U_{0\phi} \cdot I_{0\phi}} = \frac{19,3}{215,8} = 0,089$$

$$\cos\varphi_{0\phi} = \frac{P_{0\phi}}{U_{0\phi} \cdot I_{0\phi}} = \frac{24,7}{274} = 0,09$$

Таблица 4

Результаты измерений опыта короткого замыкания

U_{ab}	[В]	25	45	58	80	94	110
U_{bc}	[В]	25	45	58	80	94	110
U_{ca}	[В]	25	45	58	80	94	110
I_b	[А]	3,25	4	5,5	6,75	6,75	8,9
I_a	[А]	3,25	4	5,5	6,75	6,75	8,9
P_k'	дел. [Вт]	10,25	15,75	30	38,5	70,5	95
I_c	[А]	3,25	4	5,5	6,75	6,75	8,9
P_k''	дел. [Вт]	10,25	15,75	30	38,5	70,5	95
$U_{кф}$	[В]	14,42	25,95	33,45	46,15	54,22	92,47
$I_{кф}$	[А]	3,25	4	5,5	6,75	7,5	8,9
$P_{кф}$	[Вт]	6,8	10,5	20	25,6	47	63,3
$U_{кф} I_{кф}$	[ВА]	46,875	103,8	184	311,5	366	823
$\cos \varphi_{кф}$		0,145	0,101	0,108	0,082	0,128	0,076

$$I_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [3,25 + 3,25 + 3,25] = 3,25 \text{ A}$$

$$I_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [4 + 4 + 4] = 4 \text{ A}$$

$$I_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [5,5 + 5,5 + 5,5] = 5,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [6,75 + 6,75 + 6,75] = 6,75 \text{ A}$$

$$I_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [7,5 + 7,5 + 7,5] = 7,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [8,9 + 8,9 + 8,9] = 8,9 \text{ A}$$

$$P_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [10,25 + 10,25] = 6,8 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [15,75 + 15,75] = 10,5 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [30 + 30] = 20 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [38,5 + 38,5] = 25,6 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [70,5 + 70,5] = 47 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{кф}} = \frac{1}{3} \cdot [P' + P''] = \frac{1}{3} \cdot [95 + 95] = 63,3 \text{ Вт}$$

$$U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (25 + 25 + 25) \cdot 3,25 = 46,875 \text{ ВА}$$

$$U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (45 + 45 + 45) \cdot 4 = 103,8 \text{ ВА}$$

$$U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (58 + 58 + 58) \cdot 5,5 = 184 \text{ ВА}$$

$$U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (80 + 80 + 80) \cdot 6,75 = 311,5 \text{ ВА}$$

$$U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (94 + 94 + 94) \cdot 6,75 = 366 \text{ ВА}$$

$$U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (U_{AB} + U_{BC} + U_{AC}) \cdot I_{\text{кф}} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{3}} \cdot (110 + 110 + 110) \cdot 8,9 = 823 \text{ ВА}$$

$$\cos\varphi_{\text{кф}} = \frac{P_{\text{кф}}}{U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}}} = \frac{6,8}{46,875} = 0,145$$

$$\cos\varphi_{\text{кф}} = \frac{P_{\text{кф}}}{U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}}} = \frac{10,5}{103,8} = 0,101$$

$$\cos\varphi_{\text{кф}} = \frac{P_{\text{кф}}}{U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}}} = \frac{20}{184} = 0,108$$

$$\cos\varphi_{\text{кф}} = \frac{P_{\text{кф}}}{U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}}} = \frac{25,6}{311,5} = 0,082$$

$$\cos\varphi_{\text{кф}} = \frac{P_{\text{кф}}}{U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}}} = \frac{47}{366} = 0,128$$

$$\cos\varphi_{\text{кф}} = \frac{P_{\text{кф}}}{U_{\text{кф}} \cdot I_{\text{кф}}} = \frac{63,3}{823} = 0,076$$

Таблица 5

Результаты измерений рабочих характеристик двигателя

I _b	[А]	2,4	2,5	2,7	2,8	3,1	3,5
I _a	[А]	2,4	2,5	2,7	2,8	3,1	3,5
P'	дел. [Вт]	27	68	-7	-16	-48	-40
I _c	[А]	2,4	2,5	2,7	2,8	3,1	3,5
P''	дел. [Вт]	64	20	80	9	105	120
n	[об/мин]	95	92	86	80	75	70
M ₂	[дел] [Н·м]	0,35	0,5	0,6	1	1,2	1,4
P ₁	[Вт]	91	88	73	64	27	80
I _{1ф}	[А]	2,4	2,5	2,7	2,8	3,1	3,5
P ₂	[Вт]	3,5	4,75	5,4	8,4	9,42	10,3
3U _{1ф} I _{1ф}	[ВА]	720	750	810	840	930	1050
η	-	0,04	0,07	0,074	0,13	0,35	0,13

$\cos \varphi_1$	-	0,126	0,0117	0,09	0,76	0,03	0,076
------------------	---	-------	--------	------	------	------	-------

$$I_{l\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [2,4 + 2,4 + 2,4] = 2,4 \text{ A}$$

$$I_{l\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [2,5 + 2,5 + 2,5] = 2,5 \text{ A}$$

$$I_{l\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [2,7 + 2,7 + 2,7] = 2,7 \text{ A}$$

$$I_{l\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [2,8 + 2,8 + 2,8] = 2,8 \text{ A}$$

$$I_{l\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [3,1 + 3,1 + 3,1] = 3,1 \text{ A}$$

$$I_{l\phi} = \frac{1}{3} \cdot [I_A + I_B + I_C] = \frac{1}{3} \cdot [3,5 + 3,5 + 3,5] = 3,5 \text{ A}$$

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} = 0,35 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 95}{60} = 3,5 \text{ Вт}$$

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} = 0,5 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 92}{60} = 4,75 \text{ Вт}$$

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} = 0,6 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 86}{60} = 5,4 \text{ Вт}$$

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 80}{60} = 8,4 \text{ Вт}$$

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} = 1,2 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 75}{60} = 9,42 \text{ Вт}$$

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} = 1,4 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 70}{60} = 10,3 \text{ Вт}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{3,5}{91} = 0,04$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{4,75}{64} = 0,07$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{5,4}{73} = 0,074$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{8,4}{64} = 0,13$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{9,42}{27} = 0,35$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{10,3}{80} = 0,13$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{3U_{1\phi}I_{1\phi}} = \frac{91}{720} = 0,126$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{3U_{1\phi}I_{1\phi}} = \frac{88}{750} = 0,117$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{3U_{1\phi}I_{1\phi}} = \frac{73}{810} = 0,09$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{3U_{1\phi}I_{1\phi}} = \frac{64}{840} = 0,76$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{3U_{1\phi}I_{1\phi}} = \frac{27}{930} = 0,03$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{3U_{1\phi}I_{1\phi}} = \frac{80}{1050} = 0,076$$

2. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

1.1 Для удобства сравнения, механические характеристики, построенные по данным табл. 1.1 и 1.2, следует совместить, как это показано на рис. 2.

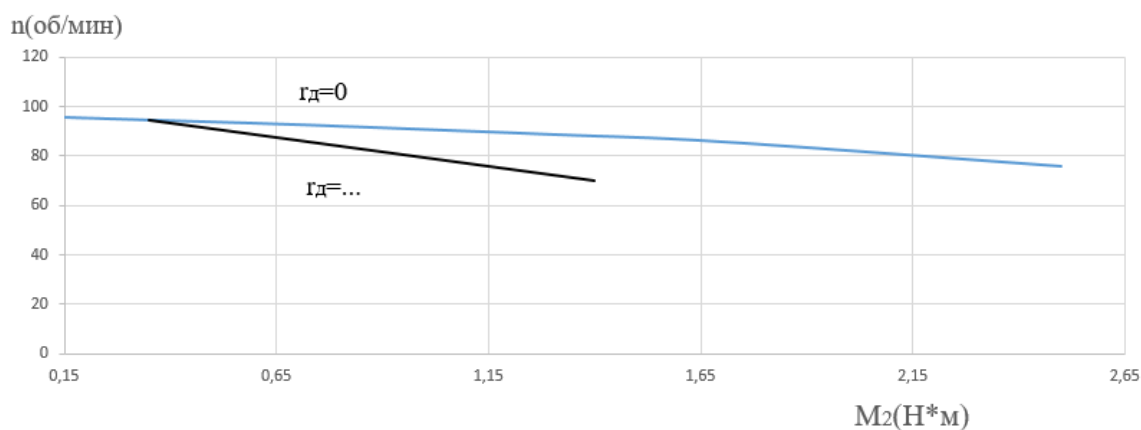


Рис. 2. Естественная и реостатная механические характеристики двигателя

1.2. По результатам опыта холостого хода (табл. 1.3) необходимо построить графики $I_{0\phi} = f(U_{0\phi})$ и $\cos \varphi_{0\phi} = f(U_{0\phi})$. Вид этих зависимостей показан на рис. 3. Значения I_0 и $\cos \varphi_0$ определяются при номинальном фазном напряжении $U_{\phi n}$ и заносятся в табл. 6.

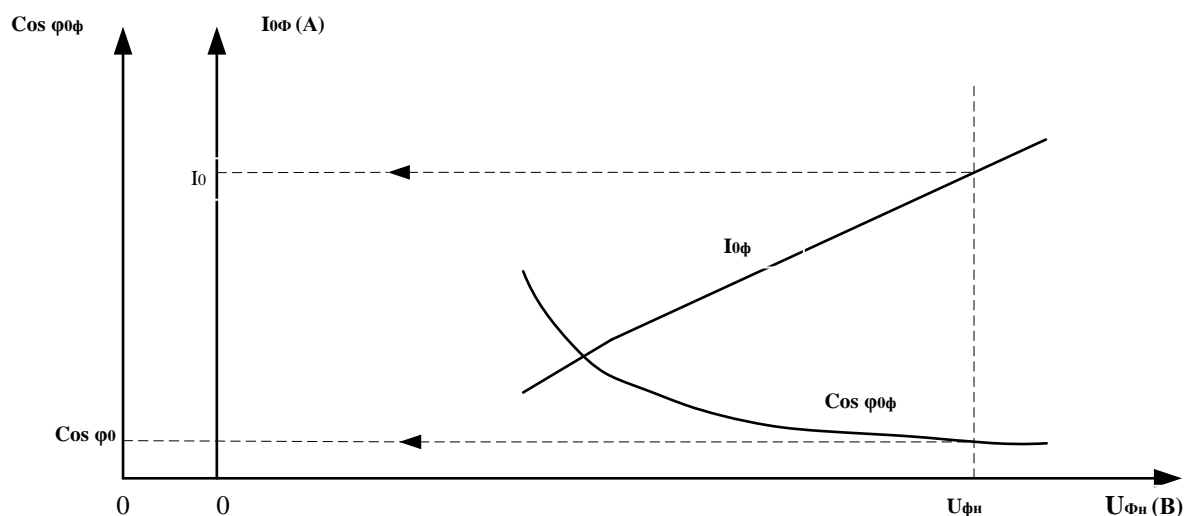


Рис. 3. Характеристики холостого хода двигателя

1.3. По результатам опыта короткого замыкания необходимо построить графики $I_{кф} = f(U_{кф})$; $P_{кф} = f(U_{кф})$; $\cos \varphi_{кф} = f(U_{кф})$. Вид этих зависимостей показан на рис. 4. Значения P_k и $\cos \varphi_k$, определяются при номинальном фазном токе $I_{фн}$ и заносятся в табл. 6.

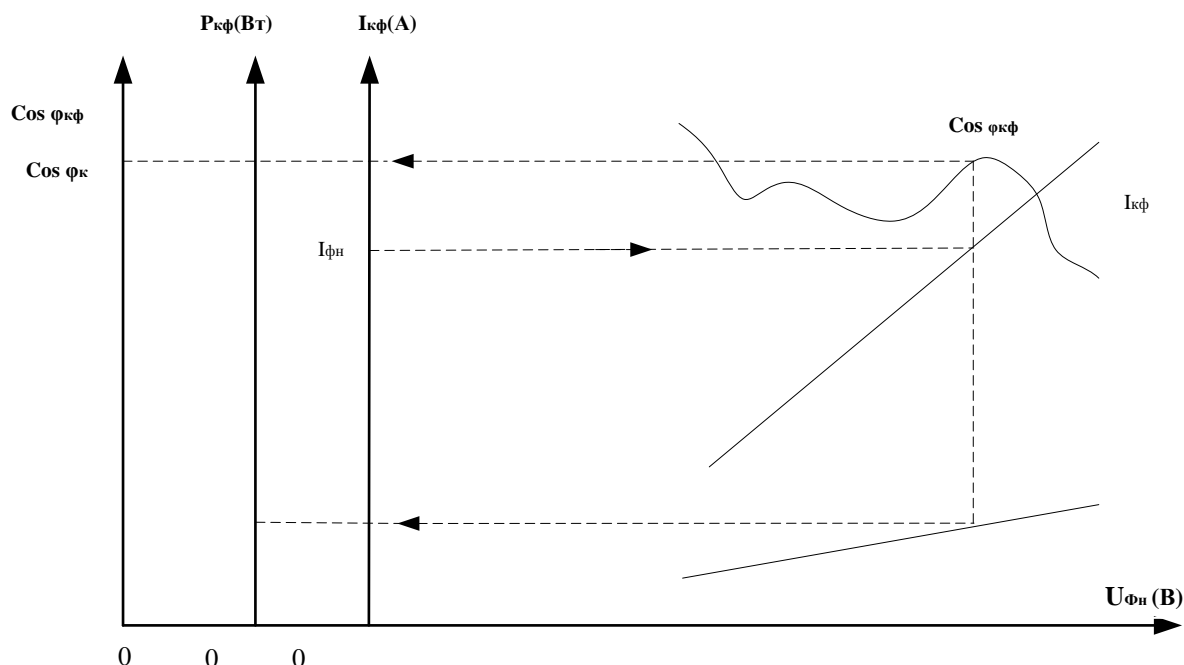


Рис. 4. Характеристики короткого замыкания двигателя

Таблица 6

**Величины, полученные в ходе проведения опытов холостого хода,
короткого замыкания и в результате расчетов**

I_o [A]	$\cos \varphi_o$	φ_o	$U'_{кф}$ [В]	$I'_{кф}$ [A]	I_k [A]	$\cos \varphi_k$
3	0,105	18.2	429	5,7	5,6	0,145
φ_k	P_k [Вт]	r_k [Ом]	x_k [Ом]	r_1 [Ом]	r'_2 [Ом]	I_{max} [A]
21.2	63	4.9	2.3	1.4	1.5	8,9

Дальнейшее построение по диаграмме:

Кроме того, при известных φ_1 , \mathbf{P}_1 и \mathbf{P}_2 можно определить $\cos\varphi_1$ и η .

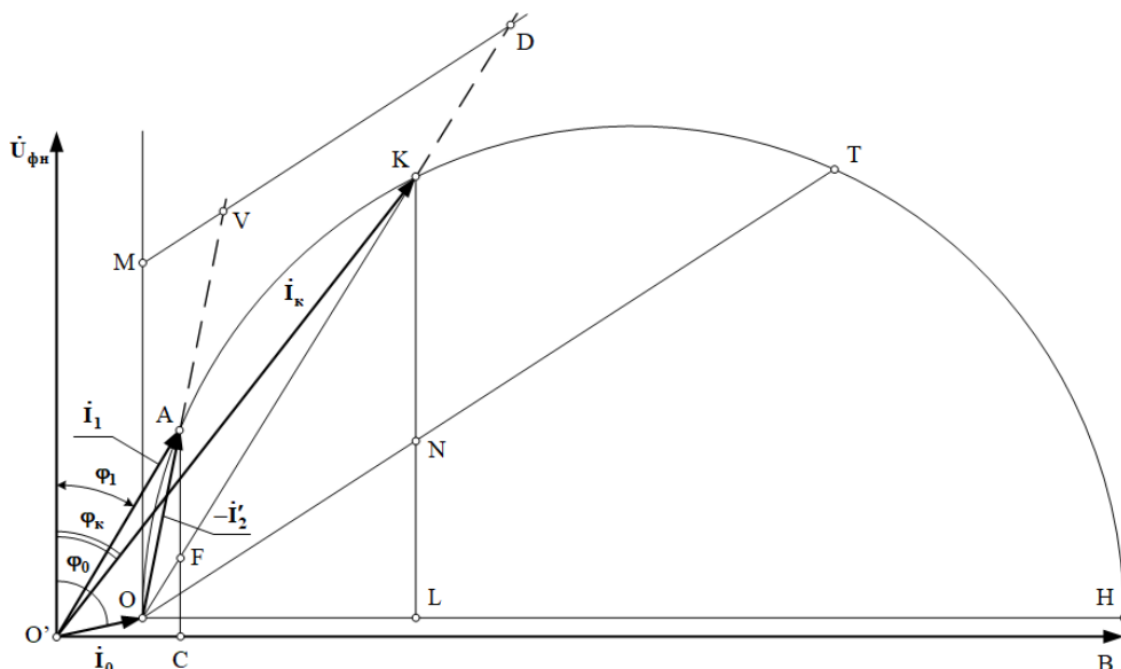


Рис. 5 – Круговая диаграмма