

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Задача № 1. Двигатель параллельного возбуждения, номинальное напряжение которого $U_{\text{ном}}$, при номинальной нагрузке потребляет ток $I_{\text{ном}}$, а при холостом ходе I_0 . Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}}$, сопротивление обмотки якоря $R_{\text{я}}$. Магнитные и механические потери принять постоянными при всех режимах работы двигателя (табл. 1).

Определить:

- номинальную мощность двигателя $P_{\text{ном}}$ на валу;
- номинальный КПД $\eta_{\text{ном}}$;
- значение пускового момента при токе $I_{\text{пуск}} = 2 \cdot I_{\text{ном}}$ и соответствующее сопротивление пускового реостата;
- частоту вращения якоря при $I_{\text{я ном}}$, но при введенном в цепь возбуждения добавочном сопротивлении, превышающем заданное в условии значение $R_{\text{в}}$ на 30%.

Построить естественную механическую характеристику двигателя.

Задача № 2. Двигатель параллельного возбуждения, номинальное напряжение которого $U_{\text{ном}}$, развивает номинальную мощность $P_{\text{ном}}$. Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}}$ и номинальный КПД $\eta_{\text{ном}}$. Потери мощности в цепи якоря $\Delta P_{\text{я}}$ и в цепи возбуждения $\Delta P_{\text{в}}$ заданы в процентах от потребляемой мощности двигателя $P_{\text{I ном}}$ (табл. 2).

Определить:

- ток в цепи возбуждения;
- ток якоря при номинальной нагрузке $I_{\text{я ном}}$;
- пусковой вращающий момент при пуске двигателя с пусковым реостатом;
- скорость вращения якоря при номинальном моменте на валу и включении в цепь якоря добавочного сопротивления, равного $3R_{\text{я}}$.

Построить естественную и реостатную характеристики двигателя.

Заданные параметры двигателей к задаче № 1

Таблица 1

№ варианта	Параметры двигателей					
	U _{ном} , В	I _{ном} , А	I ₀ , А	R _я , Ом	R _я , Ом	n _{ном} , об/мин
0	220	15	1,6	1,2	180	1025
1	220	53	6,3	0,212	33	1225
2	115	100	9,5	0,11	50	1000
3	110	267	30	0,04	27,5	1100
4	220	16,3	1,78	1,16	75	1025
5	220	19,9	2,0	1,5	150	960
6	110	7,8	0,7	0,8	210	1240
7	110	35	3,2	0,6	60	1400
8	220	32	2,8	0,94	120	1600
9	220	34	3,0	0,45	110	1100
10	110	9,5	0,9	1,9	200	850
11	110	20	1,8	0,7	80	940
12	220	15	1,5	0,82	200	1350
13	110	8,2	0,8	1,4	220	1450
14	220	20,5	2,35	0,74	258	1025
15	220	40	4,2	0,52	190	1420
16	110	10,5	1,2	1,2	160	960
17	110	18,6	2,0	0,9	120	825
18	220	16	3,5	0,62	200	1600
19	220	32	3,5	0,62	200	1350
20	110	28	3,2	0,55	80	875
21	110	25	2,6	0,58	90	1100
22	220	60	6,8	0,4	130	935
23	220	50	5,7	0,4	150	1340
24	220	102	9,5	0,12	110	750
25	220	151	15	0,07	75	1000
26	110	3,25	0,36	5,84	610	3000
27	220	1,6	0,17	27,2	162	1500
28	220	2,8	0,30	11,78	120	1500
29	110	9,3	0,95	1,29	233	3000
30	220	4,5	0,5	5,07	61,4	2500

Заданные параметры двигателей к задаче № 2

Таблица 2

№ варианта	Параметры двигателей					
	U _{ном} , В	P _{ном} , кВт	ΔP _я , %	ΔP _в , %	n _{ном} , об/мин	η _{ном} , %
0	110	60	5,2	4,8	980	86,5
1	220	10	5,0	4,8	1250	86,0
2	220	4,0	6,2	4,2	1025	82,2
3	220	6,6	6,2	4,1	2400	85,5
4	220	4,4	6,5	4,8	2100	84,5
5	220	2,5	5,8	4,8	1000	85,0
6	220	10	5,3	4,4	2250	83
7	110	77	5,0	4,2	1050	85,5
8	110	80	5,4	4,5	1150	85,8
9	110	92	5,3	4,1	970	86,5
10	110	66	6,2	5,0	1050	85,5
11	110	35	6,3	5,2	2200	84,5
12	110	45	5,7	4,6	1500	85,0
13	220	15	5,0	4,0	1000	84,5
14	220	10	5,2	4,2	970	85,5
15	220	5,8	6,0	5,0	2200	84,0
16	220	19	4,8	4,5	980	86,5
17	220	29	5,0	4,3	2520	86,0
18	220	46,5	5,4	4,8	1025	82,2
19	220	14,0	4,0	4,6	2400	84,0
20	220	20,0	5,1	4,2	2100	85,5
21	220	33,5	5,5	4,0	1000	84,5
22	220	8,5	4,0	4,1	2250	85,5
23	220	13,5	4,8	4,2	1050	85,5
24	110	60	5,0	4,0	1150	84,5
25	110	4,0	5,1	4,9	4000	77,5
26	110	7,0	4,3	4,2	4000	81,0
27	220	4,5	4,4	4,1	3000	79,5
28	220	0,85	4,5	4,3	3500	64,0
29	220	0,5	5,1	4,9	2000	66,0
30	220	1,6	6,5	4,7	2500	68,5

Задача № 3. Рассчитать фазную и линейную ЭДС трехфазной синхронной машины при соединении фаз звездой с учетом первой, третьей, пятой и седьмой гармоник при частоте $f = 50$ Гц и форме магнитного поля, представленного на рис. 1а, б, в и данных, представленных в таблице 3.

Таблица параметров синхронных машин

Таблица 3

№ варианта	Максимальная индукция B_m , Т	Число пазов Z	Число пар полюсов p	Сокращение шага β	Полюсная дуга τ , см	Активная длина на L , см	Число витков в одной ветви фазы w	№ рис. кривой поля
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	0,9	96	4	5/6	80	40	32	1,а
02	0,9	96	4	5/6	80	20	20	1,а
03	0,9	96	4	5/6	80	30	48	1,а
04	0,9	96	4	5/6	80	20	30	1,а
05	0,85	96	4	5/6	60	30	64	1,а
06	0,85	96	4	5/6	60	20	40	1,а
07	0,85	72	3	5/6	40	30	108	1,б
08	0,85	72	3	5/6	40	20	80	1,б
09	0,85	72	3	5/6	60	40	60	1,б
10	0,85	72	3	5/6	60	30	40	1,б
11	0,9	72	3	5/6	40	40	84	1,б
12	0,9	72	3	5/6	80	60	36	1,б
13	0,95	72	3	5/6	80	40	20	1,б
14	0,95	72	3	5/6	60	60	24	1,б
15	0,95	72	3	5/6	60	40	20	1,б
16	1,0	60	1	3/5	80	120	30	1,в
17	1,0	60	1	3/5	80	100	20	1,в
18	1,0	60	1	3/5	60	120	40	1,в
19	1,0	60	1	3/5	60	100	30	1,в
20	0,9	72	3	5/6	40	30	60	1,б
21	1,0	72	3	5/6	50	30	90	1,б
22	0,95	72	3	5/6	70	40	70	1,б
23	0,85	72	3	5/6	30	20	50	1,б
24	0,9	72	3	5/6	40	50	100	1,б
25	0,95	72	3	5/6	60	60	60	1,б

Методические указания к задаче № 3.

Фазная ЭДС для любой гармонической составляющей

$$E_v = 4,44 \cdot f_v \cdot w \cdot k_{ov} \cdot \Phi_v, \text{ В},$$

где k_{ov} – обмоточный коэффициент для v – й гармоники;

w – число последовательно соединенных витков одной фазы;

Φ_v – магнитный поток каждой из гармонических;

f_v – частота ЭДС v – й гармоники.

Обмоточный коэффициент:

$$k_{ov} = k_{pv} \cdot k_{yv},$$

где k_{pv} – коэффициент распределения для v – й гармоники (при фазной зоне 60°):

$$k_{pv} = \frac{\sin(\frac{\pi}{2m_1} \cdot v)}{q_1 \cdot \sin(\frac{\pi}{2m_1 \cdot q_1} \cdot v)} = \frac{\sin(\frac{\pi}{6} \cdot v)}{q_1 \cdot \sin(\frac{\pi}{6 \cdot q_1} \cdot v)}.$$

Коэффициент укорочения для каждой из гармонических:

$$k_{y\tau} = \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \beta \cdot v\right).$$

Частота каждой из гармонических:

$$f_v = f \cdot v, \text{ с}^{-1},$$

где v – номер гармонической составляющей ЭДС.

Магнитный поток каждой из гармонических составляющих:

$$\Phi_v = (2/\pi) \cdot B_v \cdot L \cdot \tau_v, \text{ Вб},$$

где $\tau_v = \frac{\tau}{v}$;

τ_v – полюсное деление (дуга) для каждой гармонической, м;

τ – полюсное деление (дуга) машины, м;

L – активная длина статора, м;

B_v – максимальная индукция для каждой из гармонических, которая определяется для каждой гармонической по кривой поля.

Распределение индукции магнитного поля B вдоль воздушного зазора между статором и ротором задано для трех вариантов на рис. 1а, б, в.

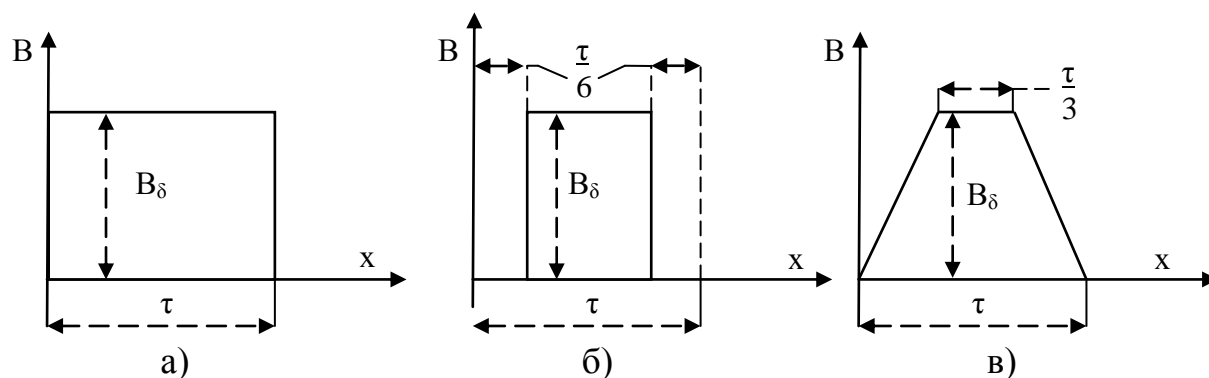


Рис. 1. Кривая распределения магнитной индукции в воздушном зазоре машины

Разложение индукции в ряд Фурье по гармоническим составляющим для рис. 1а:

$$B = \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta} \cdot \left(\sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \frac{1}{7} \sin 7x + \dots \right).$$

Отсюда амплитуда магнитной индукции первой гармоники: $B_{\delta 1} = \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta}$;

третьей: $B_{\delta 3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta}$;

пятой: $B_{\delta 5} = \frac{1}{5} \cdot \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta}$;

седьмой: $B_{\delta 7} = \frac{1}{7} \cdot \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta}$

Разложение индукции в ряд Фурье по гармоническим составляющим для рис. 1б:

$$B = \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta} \cdot \left(\cos \alpha \cdot \sin x + \frac{1}{3} \cos 3\alpha \cdot \sin 3x + \frac{1}{5} \cos 5\alpha \cdot \sin 5x + \frac{1}{7} \cos 7\alpha \cdot \sin 7x + \dots \right).$$

Так как для рис. 1б $\alpha = \frac{\pi}{6}$, то $\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos 3\alpha = 0$, $\cos 5\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$,

$$\cos 7\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Тогда амплитуда магнитной индукции первой гармоники:

$$B_{\delta 1} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot B_{\delta};$$

третьей: $B_{\delta 3} = 0$;

пятой: $B_{\delta 5} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta}$;

седьмой: $B_{\delta 7} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{4}{\pi} \cdot B_{\delta}$.

Разложение индукции в ряд Фурье по гармоническим составляющим для рис. 1в:

$$B = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{B_{\delta}}{\alpha} \cdot \left(\sin \alpha \cdot \sin x - \frac{1}{9} \sin 3\alpha \cdot \sin 3x + \frac{1}{25} \sin 5\alpha \cdot \sin 5x + \frac{1}{49} \sin 7\alpha \cdot \sin 7x + \dots \right).$$

Так как для рис. 1в $\alpha = \frac{\pi}{3}$, то $\sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\sin 3\alpha = 0$, $\sin 5\alpha = \frac{1}{2}$,

$$\sin 7\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Тогда амплитуда магнитной индукции первой гармоники:

$$B_{\delta 1} = 1,06 \cdot B_{\delta};$$

третьей: $B_{\delta 3} = 0$;

пятой: $B_{\delta 5} = 0,025 \cdot B_{\delta}$;

седьмой: $B_{\delta 7} = 0,022 \cdot B_{\delta}$.