

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

Задания и методические указания к выполнению
контрольной работы по курсу «Электромеханика»
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»

Курган 2010

Кафедра: «Энергетики и технология металлов»

Дисциплина: «Электромеханика» (специальность 140211)

Составил: доцент, канд. техн. наук В.И. Мошкин

Утверждены на заседании кафедры 3 декабря 2009 г.

Рекомендованы методическим советом университета
«24» декабря 2009 г.

1 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебным планом по дисциплине «Электромеханика» предусмотрена одна контрольная работа. Задачи контрольной работы имеют 100 вариантов, отличающихся друг от друга схемами и числовыми значениями данных величин. Вариант, подлежащий решению, определяется преподавателем либо определяется двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

1.1 Каждая работа должна выполняться в формате А4, на титульном листе должны быть указаны Ф.И.О. студента, его шифр и вариант задания. При оформлении следует пользоваться положениями ГОСТ 7.32-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования к текстовым документам». Условие задачи должно быть сформулировано достаточно полно и четко.

1.2 Основные положения решения должны иметь объяснения. Решение должно иллюстрироваться схемами и графиками, векторными диаграммами.

На схемах должны быть показаны положительные направления токов.

1.3 Графическая часть работы (электрические схемы) должна быть выполнена аккуратно с помощью чертежного инструмента или с помощью графических редакторов на компьютере с соблюдением ГОСТ 2.722-68 -2.755-74 на условные графические обозначения элементов схем. Графики и диаграммы должны выполняться с обязательным соблюдением масштаба. Его следует выбирать так, чтобы на 1 см длины приходилось $1 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$ или $5 \cdot 10^n$ единиц измерения физической величины, где $n = 0, 1, 2, \dots$. Градуировка осей должна выполняться, начиная с нуля, равномерно. Числовые значения координат точек, по которым строятся кривые, приводить не следует.

1.4 Должен выдерживаться следующий порядок записей при вычислениях: сначала записывается формула, затем подставляются числовые значения величин, входящих в формулу, без каких-либо преобразований, затем - результат с указанием единиц измерения. Вычисления следует вести с точностью до 3-4 значащих цифр.

1.5 Контрольная работа должна содержать список литературы, использованной при работе над заданием, дату и подпись студента.

1.6 Контрольная работа, выполненная не по варианту, а также оформленная неаккуратно и написанная неразборчиво, не рецензируется.

2 ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ (ЗАДАЧИ 1-3)

Задача 1 (варианты 01-100). Для трехфазного трансформатора, параметры которого приведены в таблице 1, определить коэффициенты трансформации; номинальные токи в обмотках трансформатора; параметры T - образной схемы замещения, угол магнитных потерь δ . Построить внешние характеристики $U_2 = f(\beta)$ для $\cos \varphi_2 = 1$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$ (для нечетных вариантов $\varphi_2 > 0$,

для четных - $\varphi_2 < 0$), задаваясь следующими значениями коэффициента нагрузки $\beta = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$. Определить характер нагрузки (величину и знак фазового угла φ_2), при котором напряжение U_2 на зажимах вторичной обмотки не будет зависеть от коэффициента нагрузки β и для этого случая построить график зависимости КПД от нагрузки $\eta = f(\beta)$ при изменении β от 0 до 1,25 через 0,25. Начертить электрическую схему соединения обмоток трансформатора /1-4; 7-9; 12/ и векторную диаграмму напряжений, соответствующую заданной группе соединения.

Таблица 1 - Исходные данные трехфазных трансформаторов

№ вар.	Номинальн. мощность $S_{ном.}$, кВ · А	Напряжения ВН/НН, кВ	Схема и группа соединения обмоток	Ток холостого хода i_0 , %	Напряжение к.з. u_k , %	Мощность холостого хода P_0 , Вт	Мощность к.з. P_k , Вт
01	25	10 / 0,4	Δ/Υ - 1	3,2	4,5	130	600
02	40	10 / 0,4	Δ/Υ - 3	3,0	4,5	190	1000
03	63	10 / 0,4	Δ/Υ - 5	2,8	4,5	260	1280
04	100	10 / 0,4	Δ/Υ - 7	2,6	4,5	360	1970
05	250	10 / 0,4	Δ/Υ - 9	2,3	4,5	820	3700
06	320	10 / 0,4	Δ/Υ - 11	2,2	5,5	910	6200
07	400	10 / 0,4	Δ/Υ - 1	2,1	4,5	1050	5500
08	630	10 / 0,4	Υ/Δ - 1	2,0	5,5	1560	7600
09	630	6 / 0,4	Υ/Υ - 0	2,0	5,5	1680	8500
10	1000	10 / 0,4	Δ/Υ - 1	2,0	5,5	1780	9000
11	630	3 / 0,4	Υ/Υ - 0	2,0	5,5	1680	8500
12	630	10 / 0,69	Υ/Δ - 11	2,0	5,5	1680	8500
13	630	10 / 0,4	Υ/Υ - 2	2,0	5,5	1680	8500
14	630	10,5 / 0,4	Δ/Υ - 3	2,0	5,5	1420	5100
15	630	10 / 3,15	Υ/Υ - 4	2,0	5,5	1680	11000
16	630	13,8 / 4,33	Δ/Υ - 5	2,0	5,5	1400	11000
17	1000	6 / 0,4	Υ/Υ - 6	1,4	5,5	2450	12200
18	1000	6 / 0,69	Δ/Υ - 7	1,4	5,5	2450	11000
19	1000	6 / 0,525	Υ/Δ - 9	1,4	5,5	2100	11000
20	1000	6 / 3,15	Υ/Δ - 11	1,4	5,5	2100	11000
21	1000	10 / 0,4	Υ/Υ - 0	1,4	5,5	2100	11000

Продолжение таблицы 1

№ вар.	Номинальн. мощность $S_{ном.}$, кВ · А	Напряжения ВН/НН, кВ	Схема и группа соединения обмоток	Ток холостого хода i_0 , %	Напряжение к.з. u_k , %	Мощность холостого хода P_0 , Вт	Мощность к.з. P_k , Вт
22	1000	10 / 0,69	Δ/Y - 3	1,4	5,5	2100	11000
23	1000	10 / 0,525	Y/Δ - 5	1,4	5,5	2100	11000
24	1000	10 / 3,15	Y/Δ - 7	1,4	5,5	2100	11000
25	1000	10 / 6,3	Y/Δ - 9	1,4	5,5	2100	11000
26	1600	6 / 0,4	Δ/Y - 11	1,3	5,5	2800	1500
27	1600	6 / 0,69	Δ/Y - 1	1,3	5,5	2800	1500
28	1600	6 / 3,15	Y/Δ - 3	1,3	5,5	2800	1500
29	1600	10 / 0,69	Δ/Y - 11	1,3	5,5	2800	1500
30	1600	10 / 0,4	Y/Y - 12	1,3	5,5	2800	1500
31	160	35 / 0,4	Y/Δ - 11	2,4	6,5	700	3100
32	100	35 / 0,4	Δ/Y - 1	2,6	6,5	500	1900
33	250	35 / 0,4	Y/Y - 0	4,0	6,5	820	3700
34	250	35 / 0,69	Δ/Y - 1	4,0	6,5	820	3700
35	400	35 / 0,4	Y/Y - 0	3,5	6,5	1150	5500
36	400	35 / 0,69	Δ/Y - 11	3,5	6,5	1150	5500
37	630	35 / 0,4	Y/Y - 0	3,0	6,5	1600	7600
38	630	35 / 0,69	Δ/Y - 11	3,0	6,5	1600	8500
39	1000	35 / 6	Y/Δ - 1	1,4	6,5	2750	9500
40	1000	35 / 0,48	Δ/Y - 11	1,4	6,5	2750	9500
41	1000	35 / 11	Y/Δ - 1	1,4	6,5	2750	9500
42	1600	35 / 3,15	Y/Δ - 11	1,3	6,5	3200	14500
43	1600	35 / 11	Y/Δ - 1	1,3	6,5	3200	14500
44	1600	35 / 13,8	Δ/Y - 3	1,3	6,5	3200	14500
45	2500	35 / 4,33	Δ/Y - 11	1,0	6,5	3800	20000
46	2500	35 / 7,98	Δ/Δ - 0	1,0	6,5	3800	20000
47	2500	35 / 13,9	Δ/Y - 11	1,0	6,5	3800	20000
48	6300	35 / 6,3	Y/Δ - 9	0,8	7,5	9000	39000
49	6300	35 / 10,5	Y/Δ - 7	0,8	7,5	9000	39000
50	630	35 / 11	Δ/Y - 5	1,5	6,5	2700	11600
51	250	35 / 0,69	Δ/Y - 3	4,0	6,5	820	3700
52	400	35 / 0,4	Y/Y - 2	3,5	6,5	1150	5500
53	400	35 / 0,69	Δ/Y - 1	3,5	6,5	1150	5500
54	630	35 / 0,4	Δ/Y - 11	3,0	6,5	1600	7600

Продолжение таблицы 1

№ вар.	Номинальн. мощность $S_{ном.}$, кВ · А	Напряжения ВН/НН, кВ	Схема и группа соединения обмоток	Ток холостого хода i_0 , %	Напряжения к.з. u_k , %	Мощность холостого хода P_0 , Вт	Мощность к.з. P_k , Вт
55	630	35 / 0,69	Δ/Y - 11	3,0	6,5	1600	8500
56	1000	35 / 6	Y/Δ - 1	1,4	6,5	2750	9500
57	1000	35 / 0,48	Δ/Y - 11	1,4	6,5	2750	9500
58	1000	35 / 11	Y/Δ - 1	1,4	6,5	2750	9500
59	1600	35 / 3,15	Y/Δ - 3	1,3	6,5	3200	14500
60	1600	35 / 11	Y/Δ - 5	1,3	6,5	3200	14500
61	1600	35 / 13,8	Δ/Y - 5	1,3	6,5	3200	14500
62	2500	35 / 4,33	Δ/Y - 7	1,0	6,5	3800	20000
63	2500	35 / 7,98	Δ/Δ - 6	1,0	6,5	3800	20000
64	2500	35 / 13,9	Δ/Y - 7	1,0	6,5	3800	20000
65	6300	35 / 6,3	Y/Δ - 9	0,8	7,5	9000	39000
66	6300	35 / 10,5	Y/Δ - 11	0,8	7,5	9000	39000
67	6300	35 / 13,8	Δ/Y - 11	0,8	7,5	9000	39000
68	250	35 / 0,69	Δ/Y - 11	4,0	6,5	820	3700
69	400	35 / 0,4	Y/Y - 0	3,5	6,5	1150	5500
70	400	35 / 0,69	Δ/Y - 1	3,5	6,5	1150	5500
71	630	35 / 0,4	Y/Y - 2	3,0	6,5	1600	7600
72	630	35 / 0,69	Δ/Y - 3	3,0	6,5	1600	8500
73	1000	35 / 6	Y/Δ - 5	1,4	6,5	2750	9500
74	1000	35 / 0,48	Δ/Y - 7	1,4	6,5	2750	9500
75	1000	35 / 11	Y/Δ - 9	1,4	6,5	2750	9500
76	1600	35 / 3,15	Y/Δ - 11	1,3	6,5	3200	14500
77	1600	35 / 11	Y/Δ - 11	1,3	6,5	3200	14500
78	1600	35 / 13,8	Δ/Y - 11	1,3	6,5	3200	14500
79	2500	35 / 4,33	Δ/Y - 1	1,0	6,5	3800	20000
80	2500	35 / 7,98	Δ/Δ - 0	1,0	6,5	3800	20000
81	2500	35 / 13,9	Δ/Y - 11	1,0	6,5	3800	20000
82	6300	35 / 6,3	Y/Δ - 11	0,8	7,5	9000	39000
83	6300	35 / 10,5	Y/Δ - 11	0,8	7,5	9000	39000
84	6300	35 / 13,8	Δ/Y - 1	0,8	7,5	9000	39000
85	400	6 / 0,4	Δ/Y - 3	2,1	4,5	960	4400
86	400	6 / 0,4	Y/Y - 2	2,1	4,5	1080	5900

№ вар.	Номинальн. мощность $S_{ном.},$ кВ · А	Напряжения ВН/НН, кВ	Схема и группа соединения обмоток	Ток холостого хода $i_0, \%$	Напряжения к.з. $u_k, \%$	Мощность холостого хода $P_0,$ Вт	Мощность к.з. $P_k,$ Вт
87	25	6 / 0,4	Y/Y - 6	3,3	4,5	135	610
88	40	6 / 0,69	Δ /Y - 5	3,0	4,5	200	900
89	63	6 / 0,23	Y/Y - 4	4,5	4,7	360	1450
90	400	10 / 0,4	Y/Y - 2	2,1	4,5	1080	5900
91	400	10 / 0,69/	Δ /Y - 3	2,1	4,5	1080	5900
92	100	6 / 0,4	Y/ Δ - 1	2,6	4,5	370	2000
93	250	6 / 0,4	Y/Y - 0	2,3	4,5	850	3700
94	320	6 / 0,4	Δ /Y - 11	6,0	5,5	1680	6000
95	400	3 / 0,4	Y/Y - 0	2,1	4,5	1050	5500
96	630	10 / 0,23	Y/ Δ - 11	2,0	5,5	1560	7600
97	630	10 / 0,4	Y/Y - 0	2,0	5,5	1680	8500
98	630	10,5 / 0,4	Δ /Y - 11	2,0	5,5	1420	5100
99	630	10 / 3,15	Y/Y - 0	2,0	5,5	1680	11000
100	630	13,8 / 4,33	Δ /Y - 11	2,0	5,5	1400	11000

Задача 2 (варианты 01-20). Трехфазный асинхронный короткозамкнутый двигатель АД, параметры которого заданы в таблице 2.1, имеет номинальные напряжения 660/380 В при схемах соединения обмоток Y/ Δ и подключен к сети с линейным напряжением 380 В (нечетные варианты) и 660 В (четные варианты). Кратность пускового тока $k_I = I_{п}/I_{ном} = 7$.

Для заданного напряжения сети начертить схему соединения фаз обмоток двигателя. Определить частоту вращения магнитного поля статора, номинальную частоту вращения ротора, номинальный момент на валу, номинальные линейный и фазный токи и пусковой ток двигателя. Найти критическое скольжение и критическую частоту вращения, максимальный и пусковой моменты двигателя и построить его естественную механическую характеристику. Оценить возможность пуска АД при статическом моменте на валу, равном номинальному ($M_c = M_{ном}$) и снижении питающего напряжения на 10 % /1- 4; 6-9; 11,16/.

Таблица 2.1 - Исходные данные к задаче 2 (варианты 01-20)

№ вар.	Номинальная мощность $P_{\text{ном}}$, кВт	Номинальные			Число пар полюсов, p	Перегрузочная способность $\lambda = M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$, о.е.	Кратность пускового момента $\lambda_{\text{п}} = M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$, о.е.
		скольжение $s_{\text{ном}}$, %	КПД $\eta_{\text{ном}}$, о.е.	$\cos \varphi_{\text{ном}}$, о.е.			
1	2	3	4	5	6	7	8
01	10	4,0	0,88	0,89	1	2,2	1,5
02	13	3,5	0,88	0,89	1	2,2	1,5
03	17	3,5	0,88	0,90	2	2,3	1,2
04	22	3,5	0,87	0,90	2	2,3	1,1
05	30	3,0	0,89	0,90	1	2,2	1,1
06	40	3,0	0,89	0,91	1	2,0	1,0
07	55	3,0	0,90	0,92	3	2,0	1,0
08	75	3,0	0,90	0,92	3	2,2	1,0
09	100	2,5	0,91	0,92	4	2,2	1,4
10	10	2,5	0,89	0,87	4	2,0	1,4
11	11	3,1	0,88	0,90	1	2,2	1,6
12	15	2,3	0,88	0,91	1	2,2	1,4
13	18,5	2,3	0,88	0,90	1	2,3	1,4
14	22	2,0	0,89	0,91	1	2,2	1,4
15	30	1,9	0,91	0,90	1	2,2	1,4
16	37	1,9	0,90	0,90	1	2,2	1,4
17	45	1,8	0,91	0,90	1	2,2	1,4
18	55	2,1	0,91	0,90	1	2,2	1,2
19	75	1,4	0,91	0,89	1	2,2	1,2
20	90	1,4	0,92	0,90	1	2,2	1,2

Задача 2 (варианты 21-40). Трехфазный асинхронный короткозамкнутый двигатель с номинальной мощностью $P_{\text{ном}}$ и номинальной частотой вращения $n_{\text{ном}}$ подключен к сети с линейным напряжением 380 В и частотой 50 Гц. В режиме холостого хода двигатель потребляет ток I_{10} при коэффициенте мощности $\cos \varphi_{10}$. КПД двигателя в номинальном режиме равен $\eta_{\text{ном}}$, перегрузочная способность $\lambda = M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$. При пуске ток двигателя равен $I_{\text{п}} = k_{\text{I}} \cdot I_{\text{ном}}$, пусковой момент $M_{\text{п}} = \lambda_{\text{п}} \cdot M_{\text{ном}}$. Исходные данные приведены в таблице 2.2. Двигатель имеет номинальное напряжение 380/220 В при схеме соединения статора Y/Δ соответственно.

Таблица 2.2 - Исходные данные к задаче 2 (варианты 21-40)

№ вар.	$P_{\text{ном}}$, кВт	$n_{\text{ном}}$, об/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	I_{10} , А	$\cos \varphi_{10}$ о.е.	$k_{\text{п}} = k_{\text{Г}}$ о.е.	λ , о.е.	$\lambda_{\text{п}}$, о.е.
21	22	2940	88,5	18,3	0,341	7,5	2,5	1,4
22	55	2945	91,0	42,3	0,392	7,5	2,5	1,4
23	15	1465	88,5	15,6	0,474	7,0	2,3	1,4
24	30	980	90,5	27,0	0,436	6,5	2,4	1,3
25	37	1475	91,0	32,1	0,368	7,0	2,5	1,4
26	45	740	91,0	51,5	0,363	6,0	2,0	1,2
27	75	2990	92,0	95,5	0,243	6,0	1,8	1,0
28	55	1485	91,0	85,0	0,312	6,0	1,8	1,0
29	11	975	86,0	12,0	0,403	6,0	2,0	1,2
30	90	2960	92,0	81,6	0,475	7,5	2,5	1,2
31	55	2950	91,0	42,3	0,392	7,5	2,2	1,2
32	15	1470	88,5	15,6	0,474	7,0	2,2	1,4
33	30	950	90,5	27,0	0,436	6,8	2,4	1,3
34	37	1455	91,0	32,1	0,368	6,5	2,2	1,2
35	45	735	91,0	52,5	0,363	6,0	2,0	1,2
36	75	2985	92,0	95,5	0,243	6,5	2,1	1,2
37	55	1490	91,0	85,0	0,312	6,2	1,9	1,0
38	11	975	86,0	12,0	0,420	6,2	2,2	1,2
39	55	1460	91,0	88,0	0,312	6,0	1,8	1,2
40	22	975	86,0	12,0	0,403	6,0	2,0	1,2

Определить активную P_0 и реактивную Q_0 мощности, потребляемые двигателем в режиме холостого хода, и активную мощность $P_{\text{ном}}$, потребляемую им при номинальной нагрузке на валу. Считая реактивную мощность не зависящей от нагрузки, рассчитать полную мощность $S_{\text{ном}}$, ток $I_{\text{ном}}$ и коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ном}}$ двигателя в номинальном режиме. Определить номинальный $M_{\text{ном}}$, максимальный $M_{\text{макс}}$ и пусковой $M_{\text{п}}$ моменты двигателя и его пусковой ток $I_{\text{п}}$. Рассчитать частоту вращения магнитного поля двигателя n_1 , его номинальное $s_{\text{ном}}$ и критическое $s_{\text{к}}$ скольжения и критическую частоту вращения $n_{\text{к}}$. По результатам расчетов по четырем точкам (холостой ход, номинальный, критический и пусковой режимы) построить упрощённую естественную механическую характеристику /1- 4; 6-9; 11; 16/.

Задача 2 (варианты 41-80). Для трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором, параметры которого заданы в таблице 2.3, определить номинальные момент $M_{\text{ном}}$ и скольжение $s_{\text{ном}}$, критический момент $M_{\text{к}}$ (варианты 41-50, 61-70), перегрузочную способность λ (варианты 51-60, 71-80) и критическое скольжение $s_{\text{к}}$. Пользуясь формулой Клосса для скольжений $s = 1; 0,8; 0,6;$

0,4; 0,2; s_K ; $s_{ном}$; 0, построить естественную и две искусственные механические характеристики с разными величинами сопротивлений добавочных резисторов в цепи ротора ($R_{доб} = R_2$ и $R_{доб} = 4 R_2$, где R_2 – активное сопротивление фазы обмотки ротора). Пренебрегая величиной X_2 , определить величину R_2 , а затем рассчитать и построить зависимость скольжения от тока ротора $s(I_2)$. Определить диапазон изменения частоты вращения при реостатном регулировании для статического момента, равного номинальному ($M_c = M_{ном}$). /1- 4; 6-9; 11; 16/. Двигатель подключен к сети с линейным напряжением 380В при схеме соединения фаз статора звездой.

Таблица 2.3 - Исходные данные к задаче 2 (варианты 41-80)

№ вар.	Номинальные			$\cos \varphi_{ном}$	$\eta_{ном}, \%$	Номинальный ток ротора $I_{2ном}, А$	$M_K, Н \cdot м$	Номинальный ЭДС ротора $E_2, В$	λ	Число пар полюсов p
	мощность $P_{ном}, кВт$	частота вращения $n_{ном}, об/мин$	ток статора $I_{1ном}, А$							
41	3	1410	6,7	0,82	83	14	-	185	2	2
42	10	1420	37,6	0,82	85	40	-	160	2	2
43	13	1420	48,4	0,82	86	46	-	198	2	2
44	2,2	930	5,7	0,73	80	16	-	133	1,8	3
45	7,5	960	16,5	0,82	84	35	-	140	1,8	3
46	30	960	61	0,84	89	150	-	125	1,8	3
47	5,5	710	14,1	0,72	82	32	-	115	1,7	4
48	22	720	48,4	0,79	87,5	150	-	95	1,7	4
49	30	720	65,6	0,79	87,5	150	-	130	1,7	4
50	55	725	115	0,81	90	230	-	160	1,7	4
51	1,4	885	5,3	0,65	61,5	9,1	39	116	-	3
52	2,2	890	7,6	0,68	64	11,5	56	144	-	3
53	3,5	895	10,4	0,73	70	15	85	176	-	3
54	5	930	14,4	0,7	75	15,7	137	216	-	3
55	7,5	930	21	0,7	77	19,8	191	256	-	3
56	11	945	30,5	0,69	79	42	314	172	-	3
57	15	955	38	0,73	82	46	471	219	-	3
58	22	965	55	0,73	83,5	60	638	235	-	3
59	7,5	695	22,8	0,68	73	21	265	245	-	4
60	15	710	42	0,67	81	48,8	569	206	-	4
61	16	955	37,6	0,77	82	49,5	-	209	2,8	3
62	1,4	885	5,3	0,65	62	9,3	-	112	2,3	3
63	2,2	895	7,5	0,67	66,5	11,0	-	144	2,3	3
64	3,5	915	10,5	0,7	72,5	13,7	-	181	2,3	3
65	5,0	925	14,8	0,69	74,5	16,6	-	206	2,5	3
66	7,5	935	20,8	0,71	78,5	19,6	-	255	2,5	3

Продолжение таблицы 2.3

№ вар.	Номинальные			$\cos \varphi_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}, \%$	Номинал. ток ротора $I_{2\text{ном}}, \text{А}$	$M_{\text{к}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	Номинал. ЭДС ротора $E_{2,\text{В}}$	λ	Число пар полюсов p
	мощность $P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	частота вращения $n_{\text{ном}}, \text{об/мин}$	ток статора $I_{1\text{ном}}, \text{А}$							
67	11	940	28,6	0,73	80	42,5	-	170	2,8	3
68	7,5	690	21,0	0,71	76,5	20,5	-	251	2,5	4
69	11	710	33,0	0,66	76,5	41,0	-	182	2,8	4
70	16	715	45,7	0,65	82,0	49,5	-	207	2,8	4
71	22	960	55,4	0,71	85	61,0	612	275	-	3
72	30	970	70,5	0,73	88,5	72,0	827	259	-	3
73	22	720	58,0	0,69	83,5	59,0	817	234	-	4
74	30	720	77,0	0,68	87,5	67,5	1115	280	-	4
75	40	730	101	0,69	87,5	76,5	1465	322	-	4
76	45	575	115	0,70	85,0	155	2240	185	-	5
77	60	578	145	0,72	87,5	153	2975	245	-	5
78	80	580	190	0,72	89,0	155	3950	320	-	5
79	100	584	255	0,67	89,0	230	4580	275	-	5
80	125	587	320	0,66	90,0	225	5695	435	-	5

Задача 2 (варианты 81-100). Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от сети с линейным напряжением U .

Заданы (таблица 2.4): частота вращения $n_{\text{ном}}$, ток $I_{1\text{ном}}$ и коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{ном}}$ при номинальной нагрузке; максимальный момент $M_{\text{макс}}$; критическое скольжение $s_{\text{к}}$; кратность пускового момента $\lambda_{\text{п}} = M_{\text{п}} / M_{\text{ном}}$.

Таблица 2.4 - Исходные данные к задаче 2 (варианты 81-00)

№ вар.	$U, \text{В}$	$n_{\text{ном}}, \text{об/мин}$	$I_{1\text{ном}}, \text{А}$	$\cos \varphi_{\text{ном}}$ о.е.	$M_{\text{макс}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	$s_{\text{к}}, \%$	$\lambda_{\text{п}}, \text{о.е.}$
81	380	2880	7,9	0,89	33,15	19,0	2,0
82	380	720	10,47	0.70	137,9	20,0	1,9
83	380	590	64,0	0.81	922,6	10,9	1,2
84	380	1470	134,0	0.92	974,0	17,5	1,1
85	380	885	98,0	0.93	960,0	16,5	1,1
86	220	2850	8,0	0.787	19,16	25,0	2,1
87	220	590	165,0	0.78	1311,0	15,5	1,0
88	220	1480	235	0.90	968,0	14,9	1,1
89	220	740	130	0.89	877,2	13,9	1,1
90	220	965	21,4	0.80	136,1	16,5	2,0

№ вар.	U, В	n _{НОМ} , об/МИН	I _{1НОМ} , А	cos φ _{НОМ} о.е.	M _{макс.} , Н · м	S _к , %	λ _п , о.е.
91	380	2890	7,7	0,90	33,1	19,2	2,1
92	380	760	10,0	0.74	140,4	20,0	1,9
93	380	580	65,0	0.80	920,8	16,8	1,2
94	380	1480	126,0	0.93	968,0	18,3	1,2
95	380	880	100,0	0.92	964,8	16,6	1,1
96	220	2910	7,9	0.77	19,2	23,0	2,0
97	220	590	169,0	0.75	1305,0	16,2	1,0
98	220	1490	240	0.92	948,0	15,2	1,3
99	220	740	138	0.82	847,2	14.1	1,2
00	220	950	22,3	0.84	134,6	16,5	2,0

Номинальное фазное напряжение обмотки статора $U_{1\phi} = 220$ В. Необходимо: 1) определить способ соединения обмотки статора;

2) начертить схему соединения фаз обмотки статора;

3) определить число пар полюсов обмотки статора;

4) найти мощность на валу и КПД при номинальной нагрузке;

5) определить, можно ли запустить АД под нагрузкой при напряжении сети, пониженном на 10% относительно номинального, если статический момент сопротивления нагрузки $M_c = 0,9 M_{НОМ} / 1-4; 6-9; 11; 15; 16/$.

Задача 3 (варианты 01-50). Двигатель постоянного тока (ДПТ) параллельного возбуждения имеет номинальные данные: мощность $P_{НОМ}$, напряжение $U_{НОМ}$, частоту вращения $n_{НОМ}$, коэффициент полезного действия $\eta_{НОМ}$, сопротивление обмотки якоря $R_{я}$ при температуре 15° С. Исходные данные определить по таблице 3.1. Мощность обмотки возбуждения принять равной 2,5% от $P_{НОМ}$.

Определить ток двигателя, ток якоря, ток возбуждения, вращающий момент на валу при номинальной нагрузке, пусковой ток при отсутствии пускового реостата в цепи якоря и оценить допустимость такого пуска. Определить сопротивление пускового реостата для ограничения пускового тока до двойного номинального, частоту вращения якоря в режиме холостого хода n_0 . Построить механическую характеристику ДПТ для случая, когда $U = 0,5 U_{НОМ}$ и $R_{доб} = 0$ (для нечетных вариантов) и когда $U = U_{НОМ}$ и $R_{доб} = 2R_{я}$ (для четных вариантов), начертить электрическую схему двигателя для режима пуска с пусковым реостатом. При этом учесть:

1 Сопротивление обмотки привести к рабочей температуре двигателя по формуле:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (\Theta_2 - \Theta_1)],$$

где R_1, R_2 , - сопротивления (Ом) при температуре $\Theta_1 = 15^\circ$ С и при температуре Θ_2 (для класса нагревостойкости изоляции В – 75° С, для класса F – 115° С); α -

температурный коэффициент сопротивления (для технической меди $\alpha = 0,004 \text{ град}^{-1}$).

2 Переходным сопротивлением в щеточном контакте пренебречь.

3 При построении механической характеристики влиянием реакции якоря пренебречь и принять магнитный поток возбуждения $\Phi = \text{const.} /1-5;7-11; 16/$

Таблица 3.1 - Исходные данные к задаче 3 (варианты 01-50)

№ вар.	Тип двигателя	$P_{\text{ном, кВт}}$	$U_{\text{ном, В}}$	$n_{\text{ном, об/мин}}$	Класс изоляции	$\eta_{\text{ном, \%}}$	$R_{\text{я, Ом}}$	$R_{\text{ф, Ом}}$
01	4П080А1	0,18	220	1000	F	46	28,2	158
02	2П0132М	1,3	220	800	B	66,5	1,88	46,5
03	2П0132L	1,6	220	750	F	71	1,57	37,4
04	2П0132L	2,2	220	1000	F	75,5	0,88	37,4
05	2ПФ132М	3	220	1060	F	74	0,906	35,0
06	2ПФ132L	5,5	220	1600	B	80,5	0,27	20,6
07	2ПФ132М	7,5	220	3000	F	85	0,140	25,6
08	2ПФ132L	11	220	3000	B	85,5	0,080	20,6
09	2ПН160М	18	220	3150	F	87	0,037	12,6
10	2ПН160L	11	220	1500	F	85,5	0,096	65,3
11	2ПН160L	16	220	2360	F	86,5	0,044	49,4
12	2ПВ160М	2,1	220	750	B	76,5	0,99	177
13	2ПВ160L	2,6	220	800	B	79,5	0,609	181
14	2П0160М	3,2	220	1000	F	79,5	0,516	148
15	2П0160L	4	220	1000	F	82	0,328	117
16	2ПФ160М	6	220	1000	B	79	0,326	82
17	2ПФ160L	8	220	1000	B	80	0,216	49,4
18	2ПН180М	15	220	1500	F	85,5	0,084	55,5
19	2ПН180L	10	220	1000	F	82,5	0,168	72,5
20	2ПВ180М	12	220	3350	B	87,5	0,038	197
21	2ПВ180L	11	220	2200	B	89	0,065	174
22	2П0180М	14	220	2120	F	89	0,058	98,0
23	2П0180L	5,2	220	800	F	81,5	0,26	72,5
24	2ПФ180М	9	220	750	B	76,5	0,286	49,2
25	2ПФ180L	10	220	750	B	79	0,203	46,7
26	2ПН200М	8,5	220	800	F	82	0,188	61,6
27	2ПН200L	11	220	800	F	84	0,125	55
28	2ПВ200М	6	220	800	B	84,5	0,22	137
29	2ПВ200L	8	220	950	B	87,5	0,125	137

Продолжение таблицы 3.1

№ вар.	Тип двигателя	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ В	$n_{ном},$ об/мин	Класс изоляции	$\eta_{ном},$ %	$R_{я},$ Ом	$R_{f},$ Ом
30	2ПО200М	20	220	2360	F	89,6	0,026	74
31	2ПО200L	24	220	2360	F	90	0,031	102
32	2ПФ200М	22	220	1600	B	87,5	0,047	46
33	2ПФ200L	20	220	1000	B	86,5	0,083	55
34	2ПФ200М	22	220	1600	B	87,5	0,047	46
35	2ПН225М	7,5	220	1500	F	77	0,350	82,4
36	2ПН225L	15	220	2120	F	79	0,160	52,3
37	2ПФ225М	10	220	800	B	74,5	0,35	62,2
38	2ПФ225L	15	220	750	B	77,6	0,196	39,5
39	2ПН250М	18	220	750	F	80,5	0,11	37,9
40	2ПН250L	22	220	800	F	82	0,082	33,4
41	2ПН250М	37	220	800	F	85	0,035	28,7
42	2ПН250L	45	220	800	F	85,5	0,030	25,12
43	2ПФ250М	30	220	950	B	81	0,074	37,9
44	2ПФ250М	55	220	2360	B	87	0,018	26,8
45	2ПФ250L	22	220	2360	B	78	0,122	33,4
46	2ПФ250М	37	220	1060	B	85,0	0,035	28,7
47	2ПФ250L	45	220	1000	B	86	0,03	25,1
48	2ПН280М	30	220	600	F	84,5	0,046	23
49	2ПН280L	55	220	750	F	87,5	0,025	25,2
50	2ПФ280М	75	220	1000	B	88,5	0,016	22,8

Задача 3 (варианты 51-80). Трехфазный синхронный двигатель серии СДН-2 имеет каталожные данные: номинальная мощность $P_{ном}$; число полюсов $2p$; номинальный КПД $\eta_{ном}$; кратности – пускового тока $I_{п}/ I_{ном}$; пускового момента $M_{п}/ M_{ном}$; максимального синхронного момента (перегрузочная способность λ) $M_{макс}/ M_{ном}$; асинхронного момента при скольжении $s=5\%$ (момент входа в синхронизм) $M_{5\%}/ M_{ном}$; соединение фаз обмотки статора – «звезда». Значения перечисленных величин приведены в таблице 3.2 .

Таблица 3.2

Исходные данные к задаче 3 (варианты 51-80)

№ варианта	Параметры двигателей серии СДН-2								
	Типоразмер двигателя	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	2р	$\eta_{\text{НОМ}}$, %	U_c , кВ	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{НОМ}}} = \lambda$	$\frac{M_{5\%}}{M_{\text{НОМ}}}$	$\frac{M_{\text{П}}}{M_{\text{НОМ}}}$	$\frac{I_{\text{П}}}{I_{\text{НОМ}}}$
51	16-36-12	500	12	93,7	10	1,9	1,3	1,0	5,2
52	16-44-12	630	12	94,2	10	1,9	1,3	1,0	5,1
53	17-31-12	800	12	94,3	10	1,9	1,1	1,0	4,7
54	17-39-12	1000	12	94,9	10	1,8	1,0	1,0	4,5
55	17-49-12	1250	12	95,3	10	1,9	1,2	1,1	5,2
56	18-64-12	2500	12	96,2	10	1,8	1,4	1,2	6,5
57	16-36-10	630	10	94,4	10	1,8	1,4	0,75	5,0
58	16-44-10	800	10	94,9	10	1,8	1,3	0,75	5,0
59	17-44-10	1250	10	95,5	10	1,9	1,2	1,1	5,4
60	17-51-10	1600	10	95,9	10	1,8	1,2	1,0	5,2
61	16-31-6	800	6	95,3	6	2,0	1,5	0,85	6,0
62	16-36-6	1000	6	95,5	6	1,8	1,5	0,85	5,7
63	16-49-6	1250	6	95,9	6	1,9	1,8	1,1	6,6
64	16-59-6	1600	6	96,2	6	1,8	1,7	1,1	6,6
65	16-74-6	2000	6	96,6	6	1,8	1,7	1,2	7,0
66	17-56-6	2500	6	96,7	6	1,9	1,5	1,3	6,8
67	16-31-8	630	8	94,3	6	1,8	1,2	0,9	5,5
68	16-36-8	800	8	94,9	6	1,9	1,2	0,9	5,5
69	16-46-8	1000	8	95,4	6	1,8	1,5	1,0	5,8
70	16-59-8	1250	8	95,7	6	1,7	1,5	1,0	5,8
71	17-21-8	2000	8	96,2	6	1,9	1,5	1,3	6,6
72	17-71-8	2500	8	96,5	6	1,9	1,5	1,3	6,6
73	16-56-10	1000	10	95,1	6	1,9	1,4	0,8	5,4
74	17-64-10	2000	10	96,1	6	1,7	1,0	1,0	5,8
75	17-19-16	315	16	91,1	6	2,1	1,1	0,9	4,6
76	17-21-16	400	16	91,4	6	2,1	1,1	0,85	4,4
77	17-26-16	500	16	92,5	6	2,1	1,1	0,9	4,6
78	17-31-16	630	16	93,3	6	2,0	1,1	0,85	4,5
79	17-41-16	800	16	94,1	6	1,8	1,0	0,75	4,2
80	19-39-16	1600	16	95,3	6	2,1	1,6	0,9	6,5

Определить: частоту вращения; номинальный и пусковой токи в цепи статора; номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при $s = 5\%$). Напряжение питающей сети U_c при частоте 50Гц, коэффициент мощности $\cos\varphi_1 = 0,8$ /7-8,13-14/.

Задача 3 (варианты 81-100). Параметры трехфазного синхронного генератора (таблица 3.3): номинальное (линейное) напряжение на выходе $U_{1ном}$ при частоте тока 50 Гц; обмотка статора соединена «звездой»; номинальный ток статора $I_{1ном}$; КПД генератора при номинальной нагрузке $\eta_{ном}$; число полюсов $2p$; мощность на входе генератора $P_{1ном}$; полезная мощность на выходе генератора $P_{ном}$; суммарные потери в режиме номинальной нагрузки $\sum \Delta p_{ном}$; полная номинальная мощность на выходе $S_{2ном}$; коэффициент мощности нагрузки, подключенной к генератору, $\cos\varphi_{1ном}$; вращающий момент первичного двигателя при номинальной нагрузке генератора $M_{1ном}$. Требуется определить параметры, значения которых в таблице не указаны /7-8,13-14/.


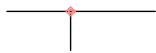
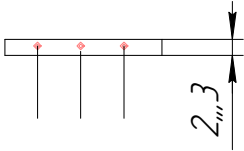
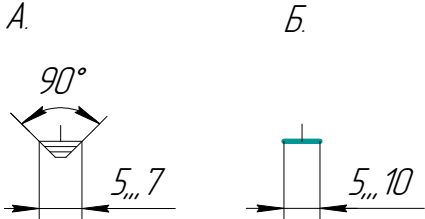
Таблица 3.3 - Исходные данные к задаче 3 (варианты 81-100)

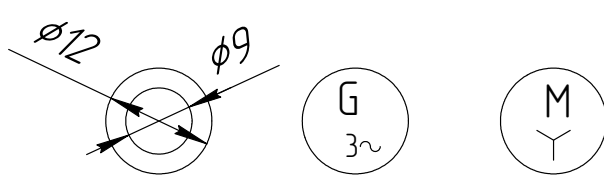
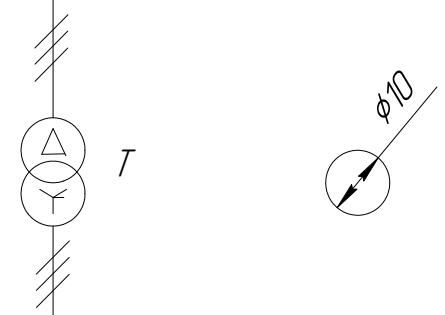
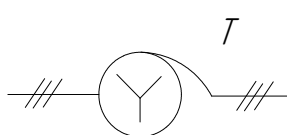
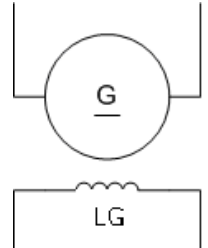
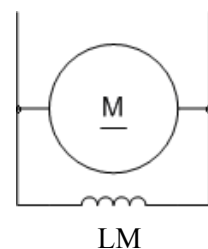
№ вар	Параметры									
	$S_{ном},$ кВ·А	$U_{1ном},$ кВ	$\eta_{ном},$ %	$2p$	$P_{ном},$ кВт	$\sum \Delta p_{ном},$ кВт	$\cos\varphi_{1ном}$	$I_{1ном},$ А	$P_{1ном},$ кВт	$M_{1ном},$ Н·м
81	330	6,3	92	6	-	-	0,9	-	-	-
82	-	3,2	-	8	-	27	-	72,2	340	-
83	270	0,4	-	-	230	18	0,85	-	-	3158
84	470	-	91	6	-	-	0,9	43,1	-	-
85	-	0,7	90	10	-	-	-	190	180	-
86	600	3,2	93	12	-	-	0,92	-	-	-
87	780	6,3	-	6	667,4	-	-	-	717,6	-
88	450	0,4	-	-	405	-	0,9	-	-	4154
89	700	-	93	6	-	-	0,92	64,2	-	-
90	500	3,2	92	10	-	-	0,85	-	-	-
91	-	0,4	-	12	-	25,5	-	361	340,5	-
92	125	0,4	-	-	100	10	-	-	-	1401
93	125	-	91	8	-	-	0,8	314	-	-
94	-	0,4	93,5	4	-	-	-	722,5	428	-
95	500	6,3	93	4	-	-	0,8	-	-	-
96	-	0,4	-	16	-	-	0,8	-	-	-
97	630	6,3	-	-	504	33,9	-	-	-	13700
98	800	-	93,8	16	-	-	0,8	73,3	-	-
99	-	6,3	94	16	-	-	-	57,8	536	-
100	800	6,3	94,5	16	-	-	0,8	-	-	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. -М.: Высш. шк., 2000.-420 с.
- 2 Беспалов В.Я., Котеленц Н.Ф. Электрические машины: Учебное пособие. – М.: АКАДЕМИЯ, 2006.- 320с.
- 3 Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины. -М.: Высш. шк., 1990.-528 с. (1981, 1989 гг.)
- 4 Копылов И.П. Электрические машины: Учебник для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1986.-360 с.
- 5 Хвостов В.С. Электрические машины: Машины постоянного тока. -М.: Высш. шк., 1988.-412 с.
- 6 Радин В.И., Брускин Д.Э., Зорохович А.Е. Электрические машины: Асинхронные машины. -М.: Высш. шк., 1988.-387 с.
- 7 Читечян В.И. Электрические машины: Сборник задач: Учебное пособие для спец. «Электромеханика». -М.: Высш. шк., 1988.-231 с.
- 8 Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам: Учебное пособие для средних спец. учеб. заведений. – 3-е изд. – М.: ИЦ АКАДЕМИЯ, 2007. – 160 с.
- 9 Токарев Б.Ф. Электрические машины: Учебное пособие для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1990.-624 с.
- 10 Кислицын А.Д. Машины постоянного тока: Учебное пособие для вузов. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2000. – 99 с.
- 11 Возмилов А.Г. Электрооборудование и средства автоматизации в агропромышленном комплексе: Учебное пособие. - Челябинск: ЧГАУ, 2008. – Ч. 1. 136 с.
- 12 Методические указания к выполнению курсовой работы «Расчет трехфазного сухого силового трансформатора»/ Сост. В.Я. Иванов. – Курган: Изд-во КГУ, 2005. – 62с.
13. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- Т. 1. - 456 с.
14. Быстрицкий Г.Ф., Кудрин Б.И. Силовые трансформаторы промышленных предприятий. - М.: Изд-во МЭИ, 2001. –172 с.
15. Расчет и анализ установившихся режимов работы электрических машин: Методические указания к курсовой работе/Сост. Н.Н. Новиков. - 5-е изд. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004.- 43с.
16. Обрусник В.П. Электрические машины: Учебное пособие.- Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001.- 166 с.

Условные обозначения элементов схем (ГОСТ 2.722-68: -2.755-74)

Наименование и буквенные обозначения в схемах	Обозначение
Линия электропередач, или провод, общее обозначение (W)	
Ответвление от линий	
Отводы (отпайки) от шин	
<p>А - Заземление Б - Корпус (аппарата, машины)</p>	

Наименование и буквенные обозначения в схемах	Обозначение
<p>Машина электрическая (G,M): А - Общее обозначение (внутри окружности можно указать род машины, род тока, число фаз или вид соединения обмоток) Б - Трехфазный генератор переменного тока (G). В - Двигатель с соединением обмоток в звезду (M).</p>	<p style="text-align: center;">А. Б. В.</p> 
<p>Трансформатор трехфазный (Т) (соединение обмоток «треугольник – звезда с заземлением нейтрали»)</p>	
<p>Автотрансформатор трехфазный (Т) (соединение обмоток звездой)</p>	
<p>Генератор постоянного тока (G) с независимым возбуждением</p>	
<p>Двигатель постоянного тока (M) с параллельным возбуждением</p>	

Владимир Иванович Мошкин

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

Задания и методические указания к выполнению
контрольной работы по курсу «Электромеханика»
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»

Редактор Н.М. Устюгова

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 1,25	Уч.-изд. л. 1,25
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.