

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего
Профессионального Образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
(МИИТ)

Кафедра: «Электрификация
и электроснабжение»

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРОПРИВОД

Задание на контрольную работу №2 с методическими указаниями
по дисциплине для студентов-специалистов 3 курса
специальности: «Наземные транспортно-технологические средства»

специализации: «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и
оборудование»

Москва, 2013 г.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Контрольные задания имеют 100 вариантов, которые отличаются друг от друга схемами и числовыми значениями заданных величин. Вариант, подлежащий решению, определяется по двум последним цифрам шифра студента: по последней цифре выбирается номер схемы, а по предпоследней – номер числовых значений величин. Например, шифру 10-НС-21324 соответствует схема 4 и второй вариант числовых значений.

Требования к оформлению контрольной работы

1. Работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывают название дисциплины, курс, фамилию, имя, отчество, учебный шифр студента.

2. Писать следует на одной стороне листа или на двух при наличии широких полей для замечаний.

3. Условие задачи переписывается полностью.

4. Основные положения решения объясняют и иллюстрируют электрическими схемами, чертежами, векторными диаграммами и т.д., которые выполняют аккуратно с помощью чертежного инструмента. На электрических схемах показывают положительные направления токов.

5. Выдерживают следующий порядок записи при вычислениях: сначала приводят формулу, затем подставляют числовые значения величин, входящих в формулу без каких-либо преобразований, далее выполняют преобразования с числами, после этого записывают результат вычислений с указанием единиц измерения.

6. К работе прилагают перечень использованной литературы, в конце работы ставят дату и подпись.

7. Работы, выполненные не по своему варианту, а также написанные неразборчиво, не рецензируются.

8. Правильно выполненная контрольная работа возвращается к студенту с указанием "Допущен к зачету" и при необходимости с перечнем замечаний, которые студент должен исправить к зачету.

9. После получения отрецензированной работы студент должен исправить все ошибки и сделать требуемые дополнения. При большом количестве исправлений они делаются в конце работы.

ЗАДАЧА 1 ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

Номинальные данные трансформаторов, включенных в настоящее задание, приведены в таблице 1.2.

Номера вариантов заданных трансформаторов, схема соединения обмоток и номера пунктов задания, подлежащих выполнению, указаны в таблице 1.1. (Схемы соединения обмоток: У – звезда; Д – треугольник.)

Для своего варианта необходимо:

- выписать номинальные данные трансформатора,
- для всех вариантов: начертить схему трансформатора, определить номинальные токи в обмотках трансформатора, определить коэффициент трансформации фазных и линейных напряжений,

- выполнить дополнительно, заданные в таб.1.1 пункты.

1. Начертить Т-образную схему замещения трансформатора.
2. Начертить упрощенную схему замещения.
3. Построить в масштабе векторную диаграмму для упрощенной схемы замещения при коэффициенте нагрузки $\beta = 1,2$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$ ($\varphi_2 > 0$).
4. Определить параметры упрощенной схемы замещения: активное и реактивное сопротивление фазы первичной и вторичной обмоток, полагая, что $r_1 = r_2' = r_k / 2$; $x_1 = x_2' = x_k / 2$.
5. Определить максимальное значение КПД трансформатора.
6. Определить КПД трансформатора при значениях коэффициента нагрузки $\beta = 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$
7. Определить величину снижения КПД трансформатора при $\beta = 1,2$ по сравнению с максимальным значением.
8. Начертить схему замещения опыта К.З. Определить параметры К.З. (z_k, r_k, x_k).
9. Построить внешнюю характеристику трансформатора.
10. Построить характеристику КПД трансформатора.
11. Определить процентное изменение вторичного напряжения ΔU_2 при $\cos \varphi_2 = 0,75$ ($\varphi_2 > 0$) и $\beta = 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0$.
12. Определить процентное изменение вторичного напряжения ΔU_2 при $\cos \varphi_2 = 0,8$ ($\varphi_2 < 0$) и $\beta = 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0$.
13. Определить процентное изменение вторичного напряжения ΔU_2 при $\beta = 0,8$ и значениях $\varphi_2 = 0^0; 30^0; 60^0; 90^0$.
14. Определить параметры схемы замещения: активное и реактивное сопротивление фазы первичной и вторичной обмоток, полагая, что $r_1 = r_2' = r_k / 2$; $x_1 = x_2' = x_k / 2$.
15. Определить параметры схемы замещения: сопротивления намагничивающей цепи.
16. Определить необходимые параметры и построить треугольник короткого замыкания.
17. Построить в масштабе векторную диаграмму с использованием треугольника короткого замыкания.

Таблица 1.1

Наименование заданий	Номера вариантов										
	по предпоследней цифре шифра	по последней цифре шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вариант типа трансформатора табл. 4.2	0,2,4,6,8	2	19	16	5	11	3	10	4	6	13
	1,3,5,7,9	18	7	8	12	17	9	14	15	1	20
Номера заданий	0 – 9	2; 3	1; 16	7; 9	12; 8	2; 4	5; 15	11; 8	1; 14	8; 17	12; 8
Схема соединения обмоток	1,3,5,7,9	Д/ У _Н - 11	У/ У- 11	У/ Д- 11	У _Н / Д- 11	Д/ У _Н - 0	У _Н / /Д -11	У _Н / /У- 11	У _Н / У-0	У _Н / /Д -11	У/ У _Н - 0
	0,2,4,6,8	У _Н / У-0	У _Н / / У-0	Д/ У _Н - 0	У/ У _Н - 0	У/ Д- 11	У _Н / /У- 11	Д/ У- 11	У/ У _Н - 0	У _Н / /Д -11	У/ У _Н - 11

Таблица 1.2

Номера вариантов	Тип	S _{ном} , кВА	Каталожные данные					
			U _{ном} обмоток, кВ		u _к , %	P _к , кВт	P ₀ , кВт	i ₀ , %
			ВН	НН				
1	ТМ-25/6	25	6	0,23	4,5	0,60	0,13	3,2
2	ТМ-40/6	40	6	0,23	4,5	0,88	0,19	3,0
3	ТМ-63/6	63	6	0,4	4,5	1,28	0,26	2,0
4	ТМ-100/6	100	6	0,525	4,5	1,97	0,36	2,6
5	ТМ-160/6	160	6	0,69	4,5	2,65	0,56	2,4
6	ТМ-250/6	250	6	0,4	4,5	3,70	0,82	2,3
7	ТМ-400/6	400	6	0,69	4,5	5,50	1,05	2,1
9	ТМН-400/6	400	6	0,525	4,5	5,9	1,05	2,1
10	ТМ-630/6	630	6	0,4	5,5	7,60	1,56	2,0
11	ТМН-630/6	630	6	0,69	5,5	8,50	1,56	2,0
12	ТМ-1000/6	1000	6	0,4	5,5	12,2	2,45	1,4
13	ТМ-63/10	63	10	0,23	4,5	1,30	0,21	2,0
14	ТМ-100/10	100	10	0,4	4,5	1,97	0,29	2,0
15	ТМ-160/10	160	10	0,69	4,5	2,65	0,44	1,8
16	ТМ250/10	250	10	0,69	4,7	3,70	0,525	1,1
17	ТМ-400/10	400	10	0,4	4,5	5,50	0,83	1,1
18	ТМ-630/10	630	10	0,525	5,5	7,60	1,05	1,8
19	ТМ-1000/10	1000	10	0,4	5,5	10,8	1,55	1,2
20	ТСЗ-1600/10	1600	10	0,69	5,5	16,0	3,40	0,7

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ №1

Номинальные данные – это линейные величины напряжений и токов. Расчёт параметров трансформатора выполняется на одну фазу, поэтому для их определения надо вычислить фазные величины. Для этого надо помнить, что при схеме:

$$Y \rightarrow I_{\Phi} = I_L; \quad U_{\Phi} = U_L / \sqrt{3}. \quad \Delta \rightarrow I_{\Phi} = I_L / \sqrt{3}; \quad U_{\Phi} = U_L.$$

Поэтому для расчёта номинального линейного тока используется формула:

$$I_H = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H},$$

а далее расчёт ведётся в зависимости от заданной схемы соединения обмоток трансформатора.

Пример расчёта схемы замещения, из данных опыта К.З. (вар.15, схема Д/У):

Определяем номинальные токи:

первичной обмотки

$$I_{1H} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{1H}} = \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 9,25 A; \quad U_{1\Phi} = U_{1H}$$

вторичной обмотки

$$I_{2H} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{2H}} = \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,69 \cdot 10^3} = 134,04 A; \quad U_{2\Phi} = \frac{U_{2H}}{\sqrt{3}} = \frac{0,69}{\sqrt{3}} = 0,4 \text{ кВ.}$$

Определяем сопротивления обмоток.

а) сопротивления короткого замыкания

$$Z_K = \frac{U_{K\Phi}}{I_{K\Phi}}$$

$$U_{K\Phi} = \frac{u_{K\%} \cdot U_{1H\Phi}}{100} \text{ фазное напряжение короткого замыкания;}$$

$I_{K\Phi}$ - номинальное фазное значение тока в первичной обмотке (обмотка соединена в треугольник)

$$I_{K\Phi} = \frac{I_{1H}}{\sqrt{3}} = \frac{9,25}{\sqrt{3}} = 5,35 A$$

Тогда

$$Z_K = \frac{4,5 \cdot 10 \cdot 10^3}{5,35 \cdot 100} = 84,11 \text{ Ом}$$

$$r_K = \frac{P_K}{3 \cdot I_{K\Phi}^2} = \frac{4,2 \cdot 10^3}{3 \cdot 5,35^2} = 48,91 \text{ Ом}$$

Из треугольника сопротивлений

$$x_K = \sqrt{z_K^2 - r_K^2} = \sqrt{84,11^2 - 48,91^2} = 68,42 \text{ Ом}$$

б) сопротивления первичной обмотки

$$r_1 = r_2' \approx \frac{r_K}{2} = \frac{48,91}{2} = 24,45 \text{ Ом}$$

$$x_1 = x_2' \approx \frac{x_K}{2} = \frac{68,42}{2} = 34,21 \text{ Ом}$$

в) сопротивления вторичной обмотки ($k = 10 / 0.4 = 25$):

$$r_2 = \frac{r_2'}{k^2} = \frac{24,45}{25^2} = 0,039 \text{ Ом}$$

$$x_2 = \frac{x_2'}{k^2} = \frac{68,42}{25^2} = 0,109 \text{ Ом}$$

Для расчёта КПД удобно пользоваться выражением

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_H \cdot \cos\varphi_2}{\beta \cdot S_H \cdot \cos\varphi_2 + \beta^2 P_K + P_0}$$

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2H}}$$

Коэффициент β называется коэффициентом загрузки трансформатора, где I_2 – ток вторичной обмотки трансформатора; I_{2H} – номинальный ток вторичной обмотки.

Для выполнения заданий по другим пунктам следует использовать [2].

ЗАДАЧА 2

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Номинальные данные асинхронных двигателей, включенных в настоящее задание, приведены в таблице 2.2. Номинальное напряжение у двигателей **нечётных** вариантов $U_{1H} = 220$ В, а у двигателей **чётных** вариантов $U_{1H} = 380$ В.

Номера варианта заданного асинхронного двигателя и номера пунктов задания, подлежащих выполнению, указаны в таблице 2.1.

Для своего варианта необходимо:

- выписать номинальные данные асинхронного двигателя (АД),
- для всех вариантов: начертить схему АД, определив её по номинальному напряжению, определить число пар полюсов и номинальное скольжение, рассчитать номинальный момент.
- выполнить дополнительно пункты, заданные в таб.2.1.

1. Начертить Т-образную схему замещения АД.
2. Определить максимальный момент и соответствующее ему критическое скольжение.
3. Определить значение пускового момента при снижении напряжения на 15% от номинального.
4. Определить значение максимального момента при снижении напряжения на 10% от номинального.
5. Определить значение номинального тока обмотки статора $I_{1ном}$.
6. Определить величину потребляемой мощности $P_{1ном}$.
7. Определить значение критического скольжения.
8. При каком снижении напряжения относительно номинального пусковой момент окажется равным номинальному.
9. При каком снижении напряжения относительно номинального АД утратит перегрузочную способность.
10. Построить характеристику $M=f(s)$, используя формулу Клосса для скольжений: $s_H, s_{кр}, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0$.
11. Построить прямолинейную часть характеристики $M=f(n)$ по двум точкам $M=0$ и $M=M_H$. По графику определить n для $M=1,2M_H$.
12. Построить характеристику $M=f(n)$, используя формулу Клосса.

Таблица 2.1

Наименование заданий	Номера вариантов										
	по предпоследней цифре шифра	по последней цифре шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вариант типа асинхронного двигателя табл. 5.2	0,2,4,6,8	2	19	16	5	11	3	10	4	6	13
	1,3,5,7,9	18	7	8	12	17	9	14	15	1	20
Номера заданий	0 – 9	2; 10	1; 9	7; 11	7; 12	3; 10	5; 11	11; 8	1; 5	12; 7	12; 9

Таблица 2.2

№ п.п	Модель	Мощность кВт	Напряжение В	Ток А	Частота вращения об/мин	КПД %	Cos φ	Mmax/Mн	Mп/Mн
1	АИР 71 В6	0.55	220	2.99	920	69	0.7	2.1	1.9
			380	1.73					
2	АИР 71 В8	0.25	220	2.1	680	50	0.6	1.9	1.8
			380	1.27					
3	АИР 80 А2	1.5	220	5.9	2840	79	0.84	2.3	2.2
			380	3.4					
4	АИР 80 А4	1.1	220	5	1400	75	0.77	2.3	2.3
			380	2.9					
5	АИР 80 А6	0.75	220	3.9	910	69	0.72	2.1	2
			380	2.3					
6	АИР 80 А8	0.37	220	2.5	680	62	0.61	1.9	1.8
			380	1.5					
7	АИР 80 В2	2.2	220	8.4	2840	81	0.85	2.3	2.2
			380	4.8					
8	АИР 80 В4	1.5	220	6.4	1400	78	0.79	2.3	2.3
			380	3.7					
9	АИР 80 В6	1.1	220	5.5	910	72	0.73	2.1	2
			380	3.2					
10	АИР 80 В8	0.55	220	3.7	700	63	0.61	2	1.8
			380	2.17					
11	АИР 90 L2	3	220	10.7	2850	83	0.89	2.3	2.2
			380	6.2					
12	АИР 90 L4	2.2	220	9.1	1410	78	0.82	2.3	2.3
			380	5.3					
13	АИР 90 L6	1.5	220	7	920	75	0.75	2.1	2
			380	4.1					
14	АИР 90 LA8	0.75	220	3.6	700	75.5	0.73	2	1.8
			380	2.1					
15	АИР 90 LB8	1.1	220	5.2	700	77	0.72	2	1.8
			380	3					
16	АИР 100 L2	5.5	220	19.1	2880	85	0.89	2.3	2.2
			380	11					
17	АИР 100 L4	4	220	15.2	1420	82	0.84	2.3	2.3
			380	8.8					

№ п.п	Модель	Мощность кВт	Напряжение В	Ток А	Частота вращения об/мин	КПД %	Сos φ	Mmax/Mн	Mп/Mн
18	АИР 100 L6	2.2	220	10	920	76	0.76	2.1	2.1
			380	5.6					
19	АИР 100 L8	1.5	220	7.9	700	74	0.67	2	1.8
			380	4.6					
20	АИР 100 S2	4	220	14	2850	84	0.89	2.3	2.2
			380	8.1					

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ № 2

Номинальные данные – это линейные величины напряжений и токов. Расчёт параметров асинхронных двигателей выполняется на одну фазу, поэтому для их определения надо вычислить фазные величины. Для этого надо помнить, что при схеме:

$$Y \rightarrow I_{\phi} = I_L; \quad U_{\phi} = U_L / \sqrt{3}. \quad \Delta \rightarrow I_{\phi} = I_L / \sqrt{3}; \quad U_{\phi} = U_L.$$

Пример расчёта.

Номинальная мощность трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором $P_H = 0,55$ кВт, номинальное напряжение при соединении обмотки статора в звезду $U_H = 380$ В, номинальная частота вращения $n_H = 1370$ об/мин, номинальный КПД $\eta_H = 70,5\%$, номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_H = 0,7$. Кратность пускового тока

$$k_{II} = I_{II} / I_H = 6,5, \text{ перегрузочная способность двигателя } k_m = M_m / M_H = 1,8.$$

Определить: потребляемую мощность P_{IH} , номинальный и максимальный вращающие моменты, пусковой ток, номинальное и критическое скольжения. Построить механическую характеристику $M = f(s)$.

Решение

Потребляемая мощность

$$P_{IH} = \frac{P_H}{\eta_H} = \frac{550}{0,705} = 780 \text{ Вт}$$

Вращающие моменты:

номинальный

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{\eta_H} = 9,55 \cdot \frac{550}{1370} = 3,83 \text{ Нм}$$

максимальный

$$M_m = k_m \cdot M_H = 1,8 \cdot 3,83 = 6,9 \text{ Нм.}$$

Номинальный и пусковой токи

$$I_H = \frac{P_{IH}}{\sqrt{3} \cdot U_{IH} \cdot \cos\varphi_H} = \frac{780}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,7} = 1,69 \text{ А}$$

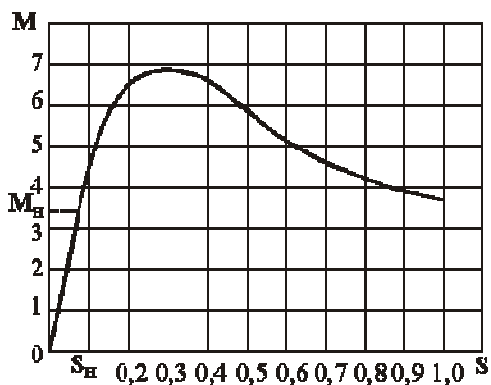
$$I_{II} = k_{II} \cdot I_H = 6,5 \cdot 1,69 = 11,02 \text{ А}$$

Номинальное и критическое скольжения

$$s_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1} = \frac{1500 - 1370}{1500} = 0,087$$

$$s_m = s_H \cdot (k_m + \sqrt{k_m^2 - 1}) = 0,087 \cdot (1,8 + \sqrt{3,24 - 1}) = 0,29$$

Механическая характеристика $M = f(s)$ строится по уравнению



$$M = \frac{2 \cdot M_m}{s_m / s + s / s_m} = \frac{2 \cdot 6,9}{0,29 / s + s / 0,29}$$

Задаваясь скольжением от $s = 0$ до $s = 1$, рассчитываем момент двигателя. Графическая зависимость показана на рисунке.

Известно, что величина момента АД прямо пропорциональна U^2 . Потому при, например, перегрузочной способности рассматриваемого двигателя $k_m = 1.8$, она будет утрачена при уменьшении напряжения сети:

$$\frac{U_{1H}}{\sqrt{1,8}} = \frac{380}{1,342} = 283 \text{ В}$$

Для выполнения заданий по другим пунктам следует использовать [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М.: Высшая школа, 2005.
2. Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам. М.: Издательский центр «Академия», 2012.
3. Брейтер Б.З. Электротехника. Трансформаторы: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2006.
4. Брейтер Б.З. Электротехника. Машины переменного тока: Конспект лекций. М.: РГОТУПС, 2000.