

ЗАДАЧА № 1

СИЛОВОЙ ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

1. Определить фазные и линейные напряжения и токи в номинальном режиме.
2. Определить параметры схемы замещения, приведенные к первичной обмотке, активную и реактивную составляющие напряжения короткого замыкания. Начертить схему замещения. Построить векторные диаграммы для режимов: холостого хода, короткого замыкания, рабочего номинального (принять индуктивную нагрузку с коэффициентом мощности 0,8).
3. Определить число вольт на один виток обмотки. Принять индукцию в стержне $B_c = 1,6$ Тл; частота сети 50 Гц.
4. Рассчитать и построить: внешнюю характеристику трансформатора, зависимость КПД трансформатора от коэффициента нагрузки. Определить коэффициент нагрузки соответствующий максимальному КПД.
5. Трансформатор включен на параллельную работу с другими такими же трансформаторами. Определить распределение нагрузок и допустимую суммарную нагрузку при коэффициенте мощности 0,8 для следующих случаев:
 - а) один из трансформаторов включен на отклонение +5%, т.е. коэффициент трансформации увеличен на 5%; другой – на отклонение, соответствующее номинальному напряжению, построить для этого случая векторную диаграмму в масштабе;
 - б) напряжение короткого замыкания одного из трансформаторов равно 1,2 номинального напряжения короткого замыкания другого трансформатора.
6. Рассчитать наибольшее мгновенное значение тока короткого замыкания (считать, что максимум тока наступает через 0,01 с после короткого замыкания).

Примечание. Вариант задания выбирается в соответствии с таблицей: мощность трансформатора по последней цифре номера варианта, первичное напряжение с учетом последней и предпоследней цифр.

Таблица 4

К контрольной работе 2

Исходные данные	мощность S кВА	Потери холост. хода, P_0 , Вт	Потери корот- кого замы- кания P_{Σ} , Вт	Ток холос- того хода I_0 , А	Сече- ние стерж- ня S_{Σ} , см ²	Напряжение U_1/U_2 , кВ			
						Предпоследняя шифра шифра			
Послед- няя цифра шифра						0,1	2,3	4,5	6,7
0	25	105	600	3,2	70	10/0,4	3/0,525	6/0,525	10/0,525
1	40	150	820	3,0	88	10/0,525	3/0,69	6/0,4	10/0,69
2	63	220	1260	2,8	112	3/0,69	10/0,4	6/0,525	35/0,69
3	100	310	1970	2,6	140	20/0,69	3/0,525	10/0,4	6/0,4
4	160	460	2950	2,4	178	20/0,4	10/0,525	6/0,69	35/0,4
5	400	920	5550	2,1	220	10/0,69	20/0,4	35/0,525	3/0,4
6	1000	2100	12200	1,4	435	35/II	20/3,15	6/0,525	10/0,69
7	2500	3900	25000	1,0	700	20/6,3	35/3,15	3/0,69	35/II
8	4000	5450	33500	1,0	850	35/II	20/3,15	6/3,15	10/0,69
9	6300	7650	46500	0,9	1100	20/II	35/6,3	10/3,15	35/II

Примечание. 1. При $U_2 = 0,525$; 3,15; 6,3; 11 кВ группа соединений λ/Δ - II;

при $U_2 = 0,4$; 0,69 кВ группа соединений λ/λ_0 - 12.

2. Для наченных предпоследних шифров шифра $U_2 = 5,5\%$; для четных, в том числе

и для нуле, предпоследних шифров шифра $U_2 = 6,5\%$.

Пример. 1. Шифр 172991 - $S = 40$ кВА; $U_1/U_2 = 10/0,69$; λ/λ_0 - 12, $U_2 = 5,5\%$.

2. Шифр 173624 - $S = 160$ кВА; $U_1/U_2 = 10/0,525$ λ/Δ - II, $U_2 = 6,5\%$.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 5

СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

1. Определить базисные величины напряжения, тока, сопротивления и мощности. Построить характеристики холостого хода, короткого замыкания и треугольник короткого замыкания синхронного генератора. Определить МДС реакции якоря при номинальном токе и вычислить продольное и поперечное синхронные реактивные сопротивления для ненасыщенного генератора.

2. Построить векторную диаграмму ЭДС (Елонделя) для номинального режима работы синхронного генератора ($\cos \varphi = 0,8$). Определить ток возбуждения и повышение напряжения при сбросе номинальной нагрузки. Определить "насыщенное" значение продольного синхронного сопротивления.

3. Построить диаграмму ЭДС и МДС (Потье) синхронного генератора при номинальном напряжении и неизменном значении активной мощности для следующих значений коэффициента мощности:

$$\cos \varphi = 1,$$

$$I = 0,75 \text{ o.e.}$$

$$\cos \varphi = 0,75 \text{ (отстающий),}$$

$$I = I \text{ o.e.}$$

$$\cos \varphi = 0,75 \text{ (опережающий),}$$

$$I = I \text{ o.e.}$$

Определить повышения напряжения при сбросе нагрузки.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К пункту 1. Варианты заданий для контрольной работы 5 следует принимать в соответствии с табл. 10 по двум последним цифрам шифра.

Все расчеты следует производить в относительных единицах (о.е.). За базисные следует принимать следующие единицы: напряжение — номинальное фазное напряжение; ток якоря — номинальный ток фазы якоря; мощность — номинальная кажущаяся мощность трехфазной машины; сопротивление — отношение базисных величин напряжения и тока.

За единицу тока возбуждения i_f или намагничивающей силы F_f следует принять значение, соответствующее номинальному напряжению при холостом ходе.

Все графические построения ЭДС рекомендуется выполнять в

масштабе 1(0.е) - 100 мм. Для токов якоря и возбуждения, а также $K_d I_d$ рекомендуется масштаб 1(0.е) - 50 мм.

Для построения характеристики холостого хода следует использовать данные табл.Д.

Таблица Д
Нормальная характеристика холостого хода

I_f 0.е.	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
E_0 0.е.	0,29	0,53	0,82	1,0	1,15	1,23	1,27	1,3	1,35

Характеристика холостого хода ненасыщенного генератора проходит через начало координат и точку $I_{f0} = 1, E_0' = 1,16$.

Характеристику короткого замыкания можно построить по заданной величине X_{k3} , имея в виду, что X_{k3} равно величине тока короткого замыкания I_k в 0.е. при токе возбуждения, равном единице, см. [1, § 33-2, с.662]; [3, § 11-4].

Ненасыщенное значение продольного синхронного сопротивления X_d следует найти, пользуясь ненасыщенной характеристикой холостого хода: [1, § 33]

$$X_d = \frac{E_0'}{I_{k3}}, 0.е.$$

Зная X_d и X_c , необходимо найти $X_{ad} = X_d - X_c$, затем

$$X_{aq} = X_{ad} \frac{K_{a2}^2}{K_{ad}}; \quad X_g = X_{aq} + X_c.$$

Величина МДС реакции якоря F_a в масштабе тока возбуждения $K_d I_d$ при номинальном токе якоря определяется из треугольника короткого замыкания [1, § 33-2, рис.33.13]; [3, § 9-5, рис.9.8].

К пункту 2. Векторную диаграмму ЭДС Blondеля рекомендуется совмещать с характеристикой холостого хода (XXX) и построить в следующем порядке:

- 1) построить XXX и векторы $\vec{U} = 1, \vec{I} = 1, \cos \varphi = 0,8$;
- 2) построить вектор $\vec{E}_g = \vec{U} + \vec{E}_c$, полагая $\vec{E}_c = j I X_c$ (пренебрегая падением напряжения $I X_d$ ка-за его малости);
- 3) прибавить к вектору $\vec{E}_g$ вектор $j I X_{aq}$, совпадающий по направлению с вектором $\vec{E}_g$, и соединить его конец с началом векторов $\vec{U}$ и $\vec{I}$. Так определенем направление вектора $\vec{E}$ и угол θ между векторами $\vec{U}$ и $\vec{E}$;
- 4) найти проекцию вектора $\vec{E}_g$ на направление вектора $\vec{E}$,

представляющую собой ЭДС E_{sd} , индуктированную в обмотке статора результирующим магнитным потоком воздушного зазора в продольной оси [1, § 33-2, рис. 33-16];

5) построить спрямленную характеристику XX, проходящую через точку XXX, соответствующую ЭДС E_{sd} , и по ней определить ток возбуждения I_{fsd} , соответствующий ЭДС E_{sd} ;

6) определить продольную составляющую тока нагрузки $I_d = I \sin \varphi$ 0.е. (φ - угол между векторами тока $\vec{I}$ и ЭДС $\vec{E}$) и соответствующую МДС реакции якоря,

$$F_{ad} = F_a \sin \varphi \text{ 0.е., или в масштабе тока возбуждения } I_{fsd} = I_{fsd} \sin \varphi \text{ 0.е.};$$

7) определить ток возбуждения при номинальном режиме работы СТ: $I_f = I_g \delta U + I_{fsd}$;

8) по спрямленной насыщенной XXX определить ЭДС E , соответствующую току возбуждения I_f , и вычислить превышение напряжения при сбое нагрузки

$$\Delta U = (U_0 - 1) \cdot 100 \%;$$

9) насыщенное значение продольного синхронного сопротивления

$$X_{ad}(\text{нас}) = \frac{E - E_{sd}}{I_d}.$$

К пункту 3. При построении диаграммы ЭДС и МДС (Потье) принять реактивное сопротивление Потье X_p равным реактивному сопротивлению рассеяния X_s , считая $Z_a = 0$ [1, § 33-3, рис.33-15]; [3, § 9-9]. Построение диаграммы рекомендуется вести по рис.4.

При этом следует иметь в виду, что МДС реакции якоря $F_a = K_d I$ пропорциональна току якоря $\vec{I}$ и отстает от него на угол θ .

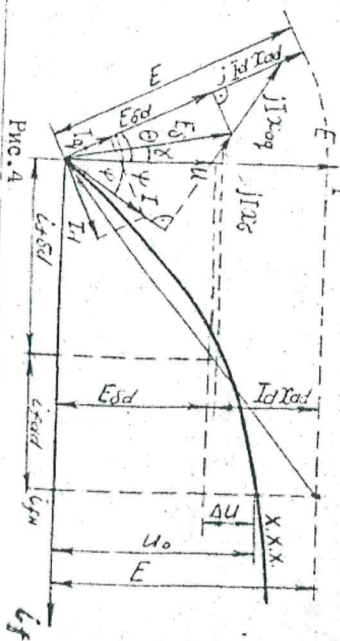


Рис. 4

Литература: 1. Вольф, Е. К. А. И. "Электрические 3. Костенко М. П., Плотровский А. М. машины"

$$I_{K1} = I_a = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

46

Поскольку Z_1, Z_2 и Z_0 - малы и их величинами можно пренебречь, то токи являются чисто индуктивными. Тогда можно принять:

$X_1 = jX_1; X_2 = jX_2; X_0 = jX_0; X_0 \approx X_0$.
 Диаграмму фазных напряжений построить по уравнениям:

$$U_a = E_{oc} - jI_{a1}Z_1 - jI_{a2}Z_2 - jI_{a0}Z_0;$$

$$U_b = E_{oc} - jI_{b1}Z_1 - jI_{b2}Z_2 - jI_{b0}Z_0;$$

$$U_c = E_{oc} - jI_{c1}Z_1 - jI_{c2}Z_2 - jI_{c0}Z_0.$$

Векторы ЭДС E_{oc}, E_{ov} и E_{os} образуют симметричную трехфазную "звезду". Их величины следует взять из решения п.2 контрольной работы в [1, § 38-3]; [3, § 14-3].

Таблица 10

Исходные данные трехфазных лентополосных синхронных генераторов (обмотка якоря соединена в "звезду")

№ п/п	Две последние цифры шифра	00/01	02/03	04/05	06/07	08/09
1	2	3	4	5	6	7
1. Номинальная мощность $S, \text{кВА}$	3000	3900	4800	5000	5600	
2. Номинальное линейное напряжение $U, \text{кВ}$	6,6/3,3			10,5/3,3		
3. Отношение короткого замыкания (ОКЗ)	1,34	0,83	1,16	1,13	1,1	
4. Индуктивное сопротивление якоря $X_{\sigma}, \text{о.е.}$	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	
5. Коэффициент продольной реакции якоря k_{ad}	0,84	0,82	0,88	0,86	0,83	
6. Коэффициент поперечной реакции якоря k_{aq}	0,47	0,49	0,48	0,48	0,49	
7. Индуктивное сопротивление обратного сле- дования X_2	0,22	0,26	0,23	0,25	0,27	

Продолжение таблицы 10

47

№ п/п	10/11	12/13	14/15	16/17	18/19	20/21	22/23	24/25
1	6,6/3,3	7500	8250	9400	9400	11000	11250	13250
2	1,02	1,0	0,78	1,1	1,24	0,88	0,85	1,45
3	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,12	0,12	0,13
4	0,8	0,86	0,86	0,89	0,83	0,82	0,88	0,83
5	0,52	0,48	0,46	0,44	0,5	0,49	0,4	0,47
6	0,2	0,23	0,28	0,24	0,20	0,21	0,21	0,22

Продолжение таблицы 10

№ п/п	26/27	28/29	30/31	32/33	34/35	36/37	38/39	40/41
1	17500	18750	18750	20000	22500	23500	26300	4000
2	1,2	1,0	1,81	1,0	0,87	1,09	1,57	1,1
3	0,16	0,1	0,16	0,13	0,14	0,15	0,13	0,13
4	0,84	0,83	0,69	0,84	0,83	0,82	0,79	0,84
5	0,46	0,41	0,41	0,48	0,48	0,46	0,46	0,45
6	0,21	0,2	0,22	0,23	0,23	0,23	0,21	0,25

Продолжение таблицы 10

№ п/п	42/43	44/45	46/47	48/49	50/51	52/53	54/55	56/57
1	10000	15000	15600	16000	18700	25000	27000	30000
2	6,6/3,3	6,6/3,3				10,5/3,3		
3	0,96	1,04	0,93	1,01	0,94	0,76	1,02	1,38
4	0,11	0,09	0,14	0,14	0,15	0,13	0,13	0,11
5	0,86	0,88	0,84	0,87	0,82	0,84	0,86	0,81
6	0,46	0,49	0,47	0,44	0,49	0,44	0,46	0,45
7	0,25	0,25	0,23	0,2	0,3	0,3	0,24	0,34

Продолжение таблицы 10

№ п/п	58/59	60/61	62/63	64/65	66/67	68/69	70/71	72/73
	32	33	34	35	36	37	38	39
1	30000	30000	33000	44000	50000	62750	77500	10350
2			10,5/3,3		15,75/3,3		13,8/3,3	
3	1,04	0,93	0,975	0,885	1,56	1,36	1,14	1,13
4	0,15	0,12	0,10	0,12	0,16	0,12	0,12	0,16
5	0,85	0,79	0,82	0,85	0,75	0,72	0,8	0,79
6	0,43	0,44	0,46	0,49	0,54	0,51	0,46	0,48
7	0,2	0,2	0,22	0,26	0,23	0,19	0,23	0,26

Продолжение таблицы 10

№ п/п	74/75	76/77	78/79	80/81	82/83	84/85	86/87	88/89
	40	41	42	43	44	45	46	47
1	100	800	630	1000	800	630	500	630
2		6,6/6,3		10,5/3,3			10,5/6,6	
3	0,715	0,6	0,65	0,76	0,83	0,7	0,72	0,9
4	0,11	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
5	0,79	0,82	0,81	0,84	0,85	0,84	0,85	0,82
6	0,47	0,43	0,44	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47
7	0,18	0,21	0,28	0,31	0,29	0,32	0,31	0,31

Продолжение таблицы 10

№ п/п	90/91	92/93	94/95	96/97	98/99
	48	49	50	51	52
1	500	400	325	250	200
2		6,6/3,3			
3	0,8	0,85	0,99	1,1	1,0
4	0,14	0,15	0,14	0,12	0,15
5	0,83	0,84	0,83	0,84	0,83
6	0,46	0,48	0,43	0,44	0,45
7	0,3	0,24	0,23	0,3	0,28