

Параллельная работа трансформаторов. Автотрансформаторы

Задача 1.13. Три трехфазных трансформатора номинальной мощностью $S_{номI}$, $S_{номII}$ и $S_{номIII}$ и напряжением короткого замыкания $u_{кI}$, $u_{кII}$ и $u_{кIII}$ включены на параллельную работу (табл. 1.10). Требуется определить:

1) нагрузку каждого трансформатора (S_I , S_{II} и S_{III}) в кВ·А, если общая нагрузка параллельной группы равна сумме номинальных мощностей этих трансформаторов ($S_{общ} = S_{номI} + S_{номII} + S_{номIII}$);

2) степень использования каждого из трансформаторов по мощности ($S/S_{ном}$);

3) насколько следует уменьшить общую нагрузку трансформаторной группы $S_{общ}$, чтобы устранить перегрузку трансформаторов; как при этом будут использованы трансформаторы по мощности в % от их номинальной мощности?

Решение варианта 1. В связи с тем, что для параллельного включения применены трансформаторы разной номинальной мощности, напряжения короткого замыкания этих трансформаторов

Таблица 1.10

Параметр	Варианты				
	1	2	3	4	5
<i>Трансформатор I</i>					
Номинальная мощность $S_{номI}$, кВ·А	5000	5600	3200	1800	560
Напряжение короткого замыкания $u_{кI}$, %	5,3	5,3	4,3	4,4	4,0
<i>Трансформатор II</i>					
Номинальная мощность $S_{номII}$, кВ·А	3200	3200	4200	3200	420
Напряжение короткого замыкания $u_{кII}$, %	5,5	5,5	4,3	4,0	4,2
<i>Трансформатор III</i>					
Номинальная мощность $S_{номIII}$, кВ·А	1800	3200	5600	4200	200
Напряжение короткого замыкания $u_{кIII}$, %	5,7	5,5	4,0	3,8	4,5

неодинаковы. Поэтому расчет распределения нагрузки между трансформаторами выполним по формуле

$$S_x = \frac{SS_{xном}}{u_{кx} \sum (S_{xном}/u_{кx})},$$

учитывающей неодинаковость напряжений короткого замыкания.

1. Общая нагрузка параллельной группы

$$S = S_{\text{номI}} + S_{\text{номII}} + S_{\text{номIII}} = 5000 + 3200 + 1800 = 10\,000 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

2. Воспользуемся выражением

$$\sum (S_{\text{ном}}/u_{\text{тк}}) = 5000/5,3 + 3200/5,5 + 1800/5,7 = 1841.$$

3. Фактическая нагрузка каждого трансформатора

$$S_{\text{I}} = \frac{10\,000 \cdot 5000}{5,3 \cdot 1841} = 5124 \text{ кВ} \cdot \text{А}; \quad S_{\text{II}} = \frac{10\,000 \cdot 3200}{5,5 \cdot 1841} = 3160 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{\text{III}} = \frac{10\,000 \cdot 1800}{5,7 \cdot 1841} = 1715 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Анализируя полученный результат, можно сделать вывод:

Больше нагружается трансформатор с меньшим значением напряжения короткого замыкания (трансформатор I) и меньше — трансформаторы с большим значением напряжения короткого замыкания (трансформатор III). Перегруженным оказался трансформатор I: перегрузка составила

$$[(5100 - 5000)/5000]100 = 2\%.$$

Так как перегрузка трансформаторов недопустима, то следует общую нагрузку уменьшить на 2% и принять ее равной $S' = 10\,000 \cdot 0,98 = 9800 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, при этом суммарная мощность трансформаторов окажется недоиспользованной на 2%.

Задача 1.14. Однофазный понижающий автотрансформатор номинальной (проходной) мощностью $S_{\text{ном}}$ при номинальном первичном напряжении U_1 и номинальном вторичном напряжении U_2 имеет число витков в обмотке w_1 , из которых w_2 витков являются общими для первичной и вторичной цепей (см. рис. 1.4); ЭДС, индуцируемая в одном витке обмотки трансформатора $E_{\text{втек}}$. Требуется определить недостающие в табл. 1.11 значения параметров, а также определить, во сколько раз масса и потери этого автотрансформатора меньше, чем у двухобмоточного трансформатора такой же мощности и напряжений; определить мощности автотрансформатора, передаваемые из первичной во вторичную цепь электрическим и электромагнитным путями. При решении задачи током холостого хода пренебречь.

Р е ш е н и е варианта 1.

1. Число витков в обмотке автотрансформатора

$$w_1 = U_1/E_{\text{втек}} = 220/0,85 = 259 \text{ витков}.$$

2. Вторичное напряжение

$$U_2 = w_2 E_{\text{втек}} = 130 \cdot 0,85 = 110 \text{ В}.$$

3. Коэффициент трансформации автотрансформатора

$$k_A = w_1/w_2 = 259/130 = 2,0.$$

4. Номинальный ток в первичной цепи

$$I_{1\text{ном}} = S_{\text{ном}}/U_{1\text{ном}} = 15 \cdot 10^3/220 = 68 \text{ А.}$$

Таблица 1.11

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{ном}}$, кВ · А	15	4,0	6,0	16	8,0	3,0	5,0	2,8	9,0	12
U_1 , В	220	—	380	—	220	—	220	—	380	—
U_2 , В	—	110	—	220	—	127	—	140	—	220
k_A , кВ	0,85	0,75	1,73	0,90	0,90	0,85	1,0	0,85	1,0	1,022
w_1	—	—	—	—	—	250	250	270	400	400
w_2	130	130	250	240	130	—	—	—	—	—

5. Номинальный ток во вторичной цепи

$$I_{2\text{ном}} = S_{\text{ном}}/U_{2\text{ном}} = 15 \cdot 10^3/110 = 136 \text{ А.}$$

6. Ток в общей части витков обмотки

$$I_{12} = I_2 - I_1 = 136 - 68 = 68 \text{ А.}$$

7. Мощность, передаваемая из первичной во вторичную цепь электрическим путем (см. рис. 1.7),

$$S_3 = S_{\text{ном}}/k_A = 15/2,0 = 7,5 \text{ кВ · А.}$$

Таким образом, электромагнитным путем передается лишь половина проходной мощности, а поэтому, по сравнению с двухобмоточным трансформатором номинальной мощностью 15 кВ · А, рассматриваемый автотрансформатор изготовлен из активных материалов, масса которых в два раза меньше, а следовательно, и потери в нем также меньше в два раза.