*Задание на контрольную работу.№20*

Для 3-фазного двухобмоточного трансформатора №… из таблицы 2.1, 2.2 (первичная обмотка – обмотка ВН):

1. Определить номинальных фазные значения напряжений и токов обмоток и коэффициент трансформации.

2. Вычертить в масштабе эскиз магнитной системы с установленной на ней обмотками, схему соединения обмоток и векторную диаграмму, подтверждающую заданную группу соединения.

3. Определить массы стержней и ярм, потери холостого хода Р0н, среднее значение тока холостого хода в абсолютных I0н (*А*) и относительных i0н (%) единицах, его активную I0а и реактивную I0р составляющие, а также коэффициент мощности в режиме ХХ для номинального напряжения и частоты 50 Гц.

4. Определить приведенные значения параметров схемы замещения r12, x12, z12 в абсолютных (*Ом*) и относительных (*о.е*) единицах.

5. Определить массу обмоток ВН и НН и потери короткого замыкания Рк.н.

6. Определить приведенные значения параметров схемы замещения rк, xк, zк в абсолютных (*Ом*) и относительных (*о.е*) единицах, напряжение короткого замыкания в абсолютных Uк.н (*В*) и относительных uк.н (*%*) единицах, а также коэффициент мощности в режиме КЗ для номинального тока.

*Основные данные 3-фазных 2-обмоточных масляных трансформаторов с обмотками из меди*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *№* | *Общие данные* | *Обмотки* |
| Sн,*кВА* | Схема | Uвн,*кВ* | Uнн,*кВ* | W1 | W2 | П1,*мм2* | П2,*мм2* | D1,*см* | a1,*см* | a2,*см* | a12,*см* | l1,2,*см* |
| *20* | 25 | Y/Y0 | 11 | 0,23 | 3441 | 72 | 0,8 | 32,4 | 9,8 | 2,7 | 1,3 | 1,3 | 28 |
| ***32*** | 1600 | D/Y0 | 11 | 0,69 | 779 | 18 | 25,8 | 714 | 27 | 3,6 | 4,6 | 1,9 | 97 |

*Примечания.1*. f = 50 Гц. *2*. Магнитные системы трансформаторов собраны впереплет с косыми стыками над крайними стержнями и прямым стыком над средним стержнем. *3*. Марка стали – 3404, толщина листа – 0,5 мм. *4*. Схемам соединения обмоток Y/Y0 и D/D соответствует группа соединения 0, а схемам D/Y0 и Y/D – группа 11. *5*. Обозначения, принятые в табл.6.2.1: w1, w2 – число витков обмоток ВН и НН, соответственно; П1, П2 – сечение витка обмотки ВН и НН, соответственно; D1 – внутренний диаметр обмотки НН; a2, a1 – радиальный размер обмоток ВН и НН, соответственно; a12 – радиальный размер охлаждающего канала между обмотками ВН и НН; l1 = l2 – высота обмоток ВН и НН; d – диаметр стержня трансформатора; Пс, Пя – активное сечение стержня и ярма, соответственно; hс, hя – высота стержня и ярма, соответственно; с - расстояние между осями стержней.

*Таблица 1.1* (продолжение)

|  |  |
| --- | --- |
| *№* | *Сердечник* |
| hc, *см* | d, см | hя, *см* | Пс, *см2* | Пя, *см2* | с, *см* |
| *20* | 34 | 9 | 8,5 | 56,1 | 57,7 | 21 |
| *32* | 107 | 26 | 25 | 463,5 | 469,5 | 52 |

*Таблица 1.2*

*Удельные потери p (Вт/кг)*

*и удельная намагничивающая мощность q (вар/кг)*

*для холоднокатаной электротехнической стали марки 3404*

*толщиной 0,5 мм в зависимости от величины индукции B (Тл)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *B* | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,54 | 1,58 | 1,62 | 1,66 | 1,70 | 1,74 |
| *р* | 0,48 | 0,68 | 0,79 | 0,93 | 1,10 | 1,17 | 1,25 | 1,35 | 1,47 | 1,60 | 1,74 |
| *q* | 0,55 | 0,75 | 0,90 | 1,06 | 1,33 | 1,49 | 1,67 | 1,96 | 2,56 | 3,40 | 5,56 |

*Таблица 1.3*

*Контрольные данные для трансформаторов из табл.1.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№* | *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* | *9* | *10*  |  |
| Ркн, кВт | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,97 | 1,97 | 1,97 | 1,97 | 2,65 | 2,65 | 2,65 | *2,65* |
| Р0н, Вт | 265 | 265 | 265 | 365 | 365 | 365 | 365 | 565 | 565 | 565 | *565* |
| i0н, % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | *2,4* |
| uкн, % | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | *4,5* |
| *№* | *12* | *13* | *14* | *15* | *16* | *17* | *18* | *19* | *20* | *21* | *22* |
| Ркн, кВт | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 7,0 | 10,0 | 14,5 | 0,49 | 0,49 | 0,85 | *0,85* |
| Рхн, Вт | 820 | 820 | 820 | 820 | 1420 | 2400 | 3100 | 120 | 120 | 145 | *145* |
| i0н, % | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 3,0 | 3,0 | 2,8 | *2,8* |
| uкн, % | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | *4,5* |
| *№* | *23* | *24* | *25* | *26* | *27* | *28* | *29* | *30* | *31* | *32* |  |
| Ркн, кВт | 0,85 | 2,1 | 3,0 | 3,0 | 4,1 | 4,1 | 5,0 | 5,1 | 5,1 | 12,5 |  |
| Рхн, Вт | 145 | 460 | 650 | 650 | 900 | 900 | 1400 | 1400 | 1400 | 2400 |  |
| i0н, % | 2,8 | 1,7 | 2,3 | 2,3 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,3 |  |
| *uкн, %* | *4,5* | *4,5* | *4,5* | *4,5* | *5,0* | *5,0* | *5,5* | *5.5* | *5,5* | *5,5* |  |



Рис.1.1. Эскиз магнитной системы с установленной на ней обмотками: 1 - обмотка НН, 2 – обмотка ВН

*1.3. Пример решения контрольной работы*

Решение выполним на базе данных варианта задания №32.

***П.1***. Первичная обмотка (ВН) соединена по схеме D, вторичная (НН) по схеме Y. Поэтому U1н.ф = 11000 В, U2н.ф = 690/ = 398 В. I1н.ф = 1600.103/(3.11000) = 48,5 А, I2н.ф = 1600.103/(3.398) = 1340 А. Коэффициент трансформации k = U1/U2 = 11/0,69 = 15,94.

***П2***. При определении группы соединения иметь в виду, что схема треугольник (D) может быть получена двумя путями: либо соединением концов A-Y, B-Z, C-X, либо соединением концов A-Z, C-Y, B-X. В первом случае получают группу 1, во втором – группу 11.

***П.3***. Массы стержней и ярм равны:

Gс = 3.107. 463,5. 7,65 .10-3 = 1138,2 кг,

Gя = 4.(52+26/2). 469,5. 7,65 .10-3 = 933,8 кг.

Индукция в стержнях и ярмах равна

Bс = 11000.104/(4,44. 779. 50. 463,5) = 1,37 Тл,

Bя = 1,37. 463,5/469,5 = 1,35 Тл.

Поскольку значения индукций не совпадают с приведенными в табл.6.2.2, значения удельных потерь и намагничивающих мощностей получают путем линейной интерполяции. Тогда полученным индукциям соответствуют следующие удельные потери и удельные намагничивающие мощности:

pс = 0,888, pя = 0,86 Вт/кг; qс = 1,012, qя = 0,98 вар/кг.

Потери холостого хода равны

P0н = 1,4(0,888. 1138,2 + 0,86. 933,8) = 2539 Вт.

Намагничивающая мощность равна

Q0н = 7(1,012. 1138,2 +0,98. 933,8) = 14469 вар

Мощность холостого хода равна

S0н = = 14690 ВА.

Ток холостого хода и его составляющие равны:

I0а = 2539/(3. 11000) = 0,077 А, I0р = 14469/(3. 11000) = 0,438 А, I0н = 14469/(3. 11000) = 0,438 А;

i0а = 100. 0,077/48,5 = 0,158%, i0р = 100. 0,438/48,5 = 0,9%,

i0н = 100. 0,4385/48,5 = 0,904%.

Коэффициент мощности равен cosφ0н = 2539/14690 = 0,173.

Отклонения полученных значений от контрольных равны:

ΔP0н = 100 (2400 – 2539)/2400 = 5,8%,

Δi0н = 100 (1,3-0,904)/1,3 = 30,5%.

***П.4***. Параметры схемы замещения равны:

- в Омах – r12 = 2539/(3. 0,4382) = 4411, x12 = 14469/(3. 0,4382) = 25140, z12 = 14690/(3. 0,4382) = 25524;

- в относительных единицах – r12\* = 4411/226,8 = 19,45, x12\* = 25140/226,8 = 110,8; z12\* = 25524/226,8 = 112,5,

где zб = 11000/48,5 = 226,8 Ом.

***П.5***. Обмотки трансформатора (вариант №32) выполнены из меди. Масса обмоток равна

Gм1 = 84.103 0,426. 779. 25,8.10-6 = 719,2 кг,

Gм2 = 84.103 0,306. 18. 714.10-6 = 330,3 кг.

Здесь Dср1 = (27 + 2.3,6 + 2.1,9 + 4,6)10-2 = 0,426 м, Dср2 = (27 + 3,6)10-2 = 0,306 м.

Основные электрические потери в обмотках равны:

Рк1 = 2,4. 719,2. 1,882 = 6099; Рк2 = 2,4. 330,3. 1,882 = 2802 Вт,

где J1 = 48,5/25,8 = 1,88; J2 = 1340/714 = 1,88 А/мм2.

Потери короткого замыкания равны

Рк.н = 1,1 (6099 +2802) = 9791 Вт ,

где к = 1,1 (для S = 1600 кВА).

Отклонение потерь короткого замыкания от контрольных равно

ΔPк.н = 100 (12500 – 9791)/12500 = 21,7%.

***П.6***. Активная составляющая сопротивления короткого замыкания равна

rк = 9791/(3. 48,52) = 1,39 Ом,

индуктивная составляющая равна

хк = (7,9.50.7792 π 0,361.0,0463.0,967 .10-6)/0,97 = 12,54 Ом.

Здесь σ = (1,9 + 3,6 + 4,6) /(π. 97) = 0,033, кр = 1 – 0,033 = 0,967, d12 = (27 +2. 3,6 + 1,9)10-2 = 0,361 м; ар = [1,9 + (3,6 + 4,6)/3] 10-2 = 0,0463 м.

Сопротивление короткого замыкания равно

Zк =  = 12,62 Ом.

Напряжение короткого замыкания Uк.н (*В*) равно

Uк.н =  = 612 В,

где Uк.а = 48,5. 1,39 = 67,4 В, Uк.р = 48,5. 12,54 = 608,2 В.

Относительные значения напряжения короткого замыкания равны

uк.н = 100(612/11000) = 5,56%,

uк.н.а = 100(67,4/11000) = 0,61%, uк.н.р = 100(608,2/11000) = 5,53%.

Коэффициент мощности равен

cosφк = 1,39 /12,62 = 0,11.

Отклонение напряжения короткого замыкания от контрольного значения равно

Δuк.н = 100 (5,5 ― 5,56)/5,5 = 1,1%.