**ГОТОВЫЙ ШАБЛОН, ДЕЛАТЬ ПО НЕМУ!!!**

**Расчет параметров трансформатора по номинальным данным**

###### **Тип трансформатора –** ТМН-1600/35

Номинальная мощность SН = 1600 кВА

Номинальное напряжение первичной обмотки U1H = 35 кВ

Номинальное напряжение вторичной обмотки U2H = 0,4 кВ

Мощность холостого хода РО = 2,75 кВт

Мощность короткого замыкания РК = 16,5 кВт

Напряжение короткого замыкания uК = 6,5 %

Ток холостого хода iO% = 1,3 %

Схема соединения обмоток Y/YH

Группа соединения обмоток 0

**Задание**

1. Дать характеристику трансформатора по условному обозначению.
2. Рассчитать по номинальным данным:

2.1. Коэффициент трансформации трансформатора.

* 1. Фазные напряжения первичной и вторичной обмоток при холостом ходе.
	2. Номинальные линейные и фазные токи в обмотках трансформатора.
	3. Ток первичной обмотки в режиме холостого хода, выраженный в амперах.
	4. Напряжение короткого замыкания, выраженное в вольтах.
	5. Коэффициент мощности трансформатора при холостом ходе.
	6. Параметры однофазной схемы замещения трансформатора при холостом ходе.
	7. Потери в стали трансформатора.
	8. Коэффициент мощности трансформатора при опыте короткого замыкания.
	9. Параметры однофазной схемы замещения трансформатора при коротком замыкании. Активное и полное сопротивления привести к температуре 750С, считая, что температура окружающей среды равняется номеру варианта в 27 0С.
	10. Параметры однофазной схемы замещения трансформатора под нагрузкой.
	11. Электрические потери в обмотках трансформатора в номинальном режиме.
1. Построить внешние характеристики трансформатора при *cos ϕ2 = 1* и при *cos ϕ2 = 0,8* для *β =* 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25.
2. Построить зависимости КПД трансформатора от его загрузки при *cos ϕ2 = 1* и при *cos ϕ2 = 0,8* для *β =* 0; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25.
3. Определить оптимальный коэффициент загрузки трансформатора по току, соответствующий максимальному значению КПД.

**1) Характеристика трансформатора по условному обозначению**

Из условного обозначения следует, что это –

**2) Расчет параметров трансформатора по номинальным данным**

2.1) Коэффициент трансформации трансформатора определяется в режиме холостого хода при номинальном напряжении первичной обмотки:



* 1. Фазные напряжения первичной и вторичной обмоток при холостом ходе.

Значения фазных токов и напряжений определяются на основе известных из курса ТОЭ соотношений между линейными и фазными величинами в трехфазной системе при соединении обмоток трансформатора в Y и Δ.

В паспортных данных указываются линейные напряжения. С учетом того, что схема соединения обмоток трансформатора , то

Следовательно, фазное напряжение первичной обмотки:



фазное напряжение вторичной обмотки:



* 1. Номинальные линейные и фазные токи в обмотках трансформатора.

С учетом того, что для трехфазного трансформатора независимо от схемы соединения обмоток

,

то номинальный линейный ток в первичной обмотке равен:



а номинальный линейный ток во вторичной обмотке:



Так как схема соединения обмоток , то фазные токи равны

2.4) Ток первичной обмотки в режиме холостого хода, выраженный в амперах:



* 1. Напряжение короткого замыкания, выраженное в вольтах:



2.6) Коэффициент мощности трансформатора при холостом ходе



Угол между напряжением и током холостого хода *ϕ0 = arcos ( ) =* . Ток холостого хода является током намагничивания *I10 ≈ Iμ*.

2.7) Параметры однофазной схемы замещения трансформатора при холостом ходе (рис.1).

Для трехфазных трансформаторов в номинальных данных указывается мощность потерь холостого хода Р0 и короткого замыкания РК на три фазы. При расчете параметров однофазной схемы замещения эти мощности будут в три раза меньше. Полное, активное и индуктивное сопротивления холостого хода для одной фазы рассчитаем по формулам:







где *Z1, r1, X1* – полное, активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки;

 *Zm,rm,Xm* – полное, активное и индуктивное сопротивления намагничивающего контура.

В силовых трансформаторах сопротивления первичной обмотки в десятки и сотни раз меньше сопротивления намагничивающего контура, поэтому с достаточной точностью можно считать, что сопротивления намагничивающего контура равны сопротивлениям холостого хода:

*Zm ≈* *Z0* = Ом;

*rm ≈ r0* = Ом;

*Xm ≈ X0* = Ом.

### Рис. 1. Схема замещения трансформатора при холостом ходе

2.8) Потери в стали трансформатора.

Так как ток холостого хода мал по сравнению с номинальным током, то электрическими потерями в первичной обмотке пренебрегают и считают, что вся мощность, потребляемая трансформатором из сети, расходуется на компенсацию потерь в стали, т.е.

*Рст = Р0= кВт.*

2.9) Коэффициент мощности трансформатора при коротком замыкании:



Угол между напряжением короткого замыкания и током *ϕК = arcos ( ) =* .

2.10) Параметры однофазной схемы замещения трансформатора при коротком замыкании (рис. 2).



Рис.2. Схема замещения трансформатора при коротком замыкании

Полное, активное и индуктивное сопротивления короткого замыкания трансформатора можно определить по формулам:







Активное сопротивление *rK* приводят к температуре 75оС по формуле



где *Q* – температура окружающей среды, равная номеру варианта *Θ =* 27 оС).

 Полное сопротивление *ZK* также приводят к температуре 75оС по формуле



Индуктивное сопротивление *XK* от температуры не зависит.

Так как в опыте короткого замыкания мощность потерь делится поровну между первичной и приведенной вторичной обмотками, то полное, активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки и соответствующие им сопротивления вторичной обмотки, приведенной к первичной равны:







Истинные сопротивления вторичной обмотки







2.11) Однофазная схема замещения трансформатора под нагрузкой представлена на рис.3. На этой схеме *Z′НГ* – полное сопротивление нагрузки, приведенное к первичной обмотке.



Рис.3. Однофазная схема замещения трансформатора под нагрузкой

2.12) Электрические потери в обмотках трансформатора в номинальном режиме.

Так как ЭДС, индуктируемая в первичной обмотке трансформатора *Е1*составляет при коротком замыкании примерно *0,5U1 ≈ (3−7)%* от *U1H*, то потери в стали трансформатора в опыте короткого замыкания имеют ничтожную величину. Таким образом, мощность, потребляемая трансформатором в режиме короткого замыкания, равна электрическим потерям в его обмотках:

*РК = pЭЛ1 + рЭЛ2 = кВт.*

**3) Построение внешних характеристик трансформатора**

Внешней характеристикой трансформатора называют зависимость напряжения на выводах вторичной обмотки *U2* от тока этой обмотки *I2* при условии, что *cos ϕ2=const* и *U1=const.*

Вторичное напряжение трансформатора при нагрузке



где U20 – линейное напряжение на вторичной обмотке при номинальном напряжении на первичной обмотке в режиме холостого хода. В рассматриваемом примере *U20 =U2Н* = кВ.

 – процентное изменение напряжения трансформатора при нагрузке;

*β = I2 / I2H* – коэффициент загрузки трансформатора;

*I2* – ток во вторичной обмотке (ток нагрузки);

*I2H* – номинальный ток вторичной обмотки (*I2H = A)*.

Определим составляющие напряжения короткого замыкания:

активная составляющая



реактивная составляющая



Проверка для напряжения короткого замыкания: 

Необходимо рассчитать и построить внешние характеристики при *cos ϕ2 =1* и при *cos ϕ2 = 0,8.* Загрузка трансформатора учитывается коэффициентом загрузки *β =* 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25. Данные расчета сведем в табл. 1.

Пример для *cos ϕ2 = 0,8* и *β = 1:*





##### Таблица 1

## Результаты расчета внешних характеристик трансформатора

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *сos ϕ2*= 1 | β | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 |
| *ΔU*% | 0 |  |  |  |  |  |
| *I2*, А | 0 |  |  |  |  |  |
| *U2*, В |  |  |  |  |  |  |
| *сosϕ2* = 0,8 | *ΔU*% | 0 |  |  |  |  |  |
| *U2*, кВ |  |  |  |  |  |  |

 **4) Построение зависимости КПД трансформатора от его загрузки**

Коэффициент полезного действия трехфазного трансформатора рассчитывается по соотношению



Необходимо рассчитать КПД при *cos ϕ2 = 1* и при *cos ϕ2 = 0,8* для *β* = 0; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25. Данные расчета сведем в табл. 2 и построим зависимость зависимости *η=f(I2).*

Таблица 2

Результаты расчета зависимости КПД трансформатора от тока нагрузки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  *сos ϕ2* = 1 | β | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 |
| I2, А | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| η | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| *сosϕ2* = 0,8 | I2, А | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| η | 0 |  |  |  |  |  |  |  |

**5) Оптимальный коэффициент загрузки трансформатора**

Оптимальный коэффициент загрузки трансформатора по току, соответствующий максимальному значению КПД, определим из соотношения 

Вычислим КПД при оптимальном коэффициенте загрузки трансформатора *βОПТ* = :

при *сos ϕ2* = 1 : *ηмакс* = ;

при *сos ϕ2* = 0,8: *ηмакс*= .