# Министерство образования Российской Федерации

Орский Гуманитарно-технологический институт (филиал)

государственного образовательного учреждения

высшего профессионального образования

“Оренбургский государственный университет”.

Механико-технологический факультет

Кафедра “Электропривода и автоматики промышленных установок”.

**Курсовая работа**

по дисциплине: “Электрические машины и аппараты”

“Расчет однофазного трансформатора”

Пояснительная записка

ОГУ 140106. 5. 3 10.27 ПЗ

Руководитель:

Доцент кафедры ЭАПУ, КТН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Нагорный Ф.Д.

“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

Исполнитель:

студент 3-го курса группы 08ЭОП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Жалгаспаева М.А.

“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

г. Орск 2010 г.

# Министерство образования Российской Федерации

Орский Гуманитарно-технологический институт (филиал)

государственного образовательного учреждения

высшего профессионального образования

“Оренбургский государственный университет”.

Механико-технологический факультет

Кафедра “Электропривода и автоматики промышленных

установок”.

**Расчетные условия и числовые значение величин**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

2

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование величины,  расчетное условие | | Единицы  измерения | Значения |
|  | | ВА | 10 |
|  | | ВА | 5 |
|  | | В | 127 |
|  | | В | 4,5 |
|  | | - | 0,9 |
|  | | - | 0,7 |
|  | | В | 127 |
|  | | Гц | 400 |
| Расчетное условие | минимум стоимости | - | + |
|  | |  | 30 |

**АННОТАЦИЯ**

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта содержит *32 страницы*, в

том числе *4 источника*, *4 схемы*, *таблицы* и *свободные данные расчета трансформатора.*

В данной работе изложены такие параметры, как выбор магнитопровода,

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

3

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Разраб.

Тулегенова Б.С.

Провер.

Нагорный Ф.Д.

Реценз.

Н. Контр.

Утверд.

Расчет однофазного

трансформатора

Лит.

Листов

33

определение числа витков обмотки, определение потерь в стали и намагничивающего тока, электрический и конструктивный расчет обмоток и определение падения напряжения и КПД трансформатора.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

4

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**1.** Расчетные условия и числовые значение величин……………………………2

**2.** Аннотация ……………………………………………………………………….3

**3.** Введение………………………………………………………………………….5

**4.** Расчет однофазного трансформатора

*а)* выбор магнитопровода…………………………………………………………6

*б)* определение числа витков……………………………………………………..10

*в)* определение потерь в стали и намагничивающего тока…………………….12

*г)* электрический и конструктивный расчет обмоток…………………………..14

*д)* определение падения напряжения и КПД трансформатора………………...27

**5.** Заключение……………………………………………………………………..31

**6.** Список используемых источников……………………………………………32

**ВВЕДЕНИЕ**

В данной курсовой работе производится расчёт однофазного трансформатора с воздушным охлаждением.

Трансформатор – статистический электромагнитный аппарат преобразующий систему переменного тока одного напряжения в систему переменного тока другого напряжения.

Трансформаторы служат для передачи и распределения электроэнергии потребителей.

Маломощные трансформаторы обычно применяются для питания автономной нагрузки и на параллельную работу не включаются, поэтому напряжение короткого замыкания в данном случае не является одной из исходных величин для расчета. Оно определяется в конце расчета и используется для уточнения величин напряжения на вторичных обмотках при нагрузке.

Основной задачей при расчете трансформатора малой мощности является уменьшение их габаритных размеров и массы при заданных ограничениях на рабочую температуру, падения напряжения и ток холостого хода. Увеличение магнитной индукции в сердечнике и плотности тока в обмотках обеспечивает уменьшение габаритов и массы трансформатора. Однако при увеличении магнитной индукции возрастают потери в сердечнике и ток холостого хода, а с увеличением плотности тока растут потери в обмотках и падение напряжения.

В части вариантов задания за основное ограничение принимается заданная величина падения напряжения.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**4. РАСЧЕТ МАЛОМОЩНОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

***а) Выбор магнитопровода***

**1). Определяем расчетную мощность трансформатора.**

Так как в нашем случае , то можем принять . КПД трансформатора определяется по приведенной таблице в методических указаниях: .

**2). Выбираем конструкцию магнитопровода по величине расчетной мощности, частоте и максимальному напряжению.**

Так как ограничение максимального напряжения лежит в пределах 1000 В, и данный силовой трансформатор развивает мощность до 30 ВА и расчетном условии на минимум стоимости рекомендуются пластинчатые броневые трансформаторы, они технологичнее в изготовлении и проще по конструкции (см. рис 1).

Так как расчет проводится на минимум стоимости трансформатора, то из таблицы №3 примем:

1).тип сердечника - броневой пластинчатый;

2).серия- Ш;

3).

4).

5).

6).

**3). Выбираем материал сердечника.**

Для нашего трансформатора проводится расчет по минимуму стоимости при частоте питающего тока , следовательно, целесообразно магнитопровод этого трансформатора изготовить из стали марки **Э44** толщиной **0,2 мм.**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**4). Находим ориентировочные значения магнитной индукции В****, плотности тока j****, коэффициента заполнения окна k** **и коэффициента заполнения магнитопровода k****.**

Пользуясь методическими указаниями и учитывая, что магнитопровод нашего трансформатора изготовлен из стали Э44 толщиной 0,2 мм, и имеет броневую пластинчатую конструкцию, из таблиц №5, №6, №7 и №8 находим следующее:









**5). Определяем произведение сечения сердечника на площадь окна.**



Подставив данные в выражение, получаем:



**6). Определяем отношение**



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

8

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Для броневого пластинчатого трансформатора . При расчете трансформатора на минимум стоимости коэффициент отношения массы стали к массе меди лежит в пределах . Приняв, значение коэффициента  и пределы коэффициента  найдем границу изменения величины . После пересчета получаем 

**7). Выбираем типоразмер магнитопровода.**

Зная произведение  и пределы изменения коэффициента , из таблицы прил. П2 выбираем стандартный стержневой магнитопровод со значением 

Для выбранного сердечника из таблицы принимаем следующее:



Зная размеры трансформатора, уточним значения  и :

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

9

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ



Для рассчитываемого трансформатора 

Дальнейшие расчеты будем вести на трансформатор с приведенными размерами.

**8). Определение падения напряжения.**

Для определения порядка расположения обмоток предварительно определяем их токи:

По заданным значениям получаем   .

При одинаковой средней плотности тока диаметр провода будет пропорционален току в обмотке, а так как расчет трансформатора ведется на минимум стоимости, то обмотки следует располагать в таком порядке, чтобы ближе к магнитопроводу оказалась обмотка с тонким проводом, следовательно, в нашем случае распорядок обмоток таков: 1, 2, 3.

Так как расчет данного трансформатора ведется при заданной максимальной температуре, то значение падения напряжения  из таблицы №10 в методических указаниях примем равным 1-0,5%, отсюда же принимаем . Тогда:







**9). Электродвижущая сила на виток**



**10) Число витков обмоток**



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

10

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Так как числа оказались дробными, то округлим число  и произведем перерасчет по формулам:

**11). Определяем потери в стали.**

Для магнитопровода из стали Э44 потери в стали определим по формуле: . По графику для стержневого сердечника стали Э44 и толщины 0,2 мм находим, что при средней индукции В=1,2 Тл коэффициент  принимает значение, равное 20 Вт/кг.

Так как  ,то, 

**12). Активная составляющая намагничивающего тока**



**13). Намагничивающая мощность в стали для броневых сердечников из сталей марок Э44.**

=7,2

**14). Реактивная составляющая намагничивающего тока** для броневого пластинчатого магнитопровода стали Э44 определяется по формуле:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

11

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Тогда 

**15). Ток первичной обмотки при номинальной нагрузке**





Подставив числовые данные в формулы, получаем, что:

Таким образом,  и .

Тогда 

**16). Ток холостого хода**



**17). Относительное значение тока холостого хода**



**18). Оценка результатов выбора магнитной индукции.**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

12

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Так как относительное значение тока холостого хода лежит в пределах 0,1-0,2 , то выбор магнитопровода на этой стадии расчета можно считать оконченным.

**19). Коэффициент мощности**



**20). Выбор плотностей тока в обмотках.**

Так как в нашем трансформаторе обмотки располагаются в порядке 1, 2, 3, то примем:



**21). Ориентировочные значения сечения проводов**



**22).** Так как ни в одной обмотке ток не превышает 3 А, а напряжение лежит в пределах до 390 В, то мы с полной безопасностью может применить для всех обмоток провод марки ПЭВ-1.

Для первичной обмотки из таблицы принимаем:



Для вторичной обмотки из таблицы выписываем:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

13

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Для третичной обмотки принимаем следующее:



Теперь проверяем заполнение окна сердечника проводом:



Рассчитанный коэффициент  равен принятому коэффициенту в пункте 4.

Находим фактические плотности тока в проводах по формуле:



Таким образом получаем: 

**23). Вычисляем амплитудные значения рабочих напряжений**



По данной формуле получаем: 

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

14

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Определяем по кривой в методических указаниях испытательные напряжения обмоток:



**24). Определяем изоляционные расстояния.**

Для некоторого упрощения расчетов примем тот факт, что в рассчитываемом трансформаторе обмотка располагается на каркасе, изготовленного из электрокартона или иного изоляционного материала.

При намотке на каркас расстояния от крайних витков обмоток определяются в основном лишь требованиями механической прочности и составляют в среднем (в зависимости от диаметра провода) 1,5-3 мм.

**26). Определяем осевую длину каждой обмотки.**

При намотке на каркасе допустимую осевую длину обмотки находим по формуле:

, где -длина щечки каркаса, примем равной 2,25мм, а , тогда: 

**27). Толщину каркаса принимаем равной-1,5-3,0 мм** (в зависимости от диаметра провода).

Так как диаметр провода вторичной обмотке не значительно превышает 0,5 мм, то толщину каркаса можем принять равной 1,5 мм.

Поверх каркаса наматывают изоляционную бумагу, обеспечивающую лучшую укладку и усиливающую изоляцию.

Для этой цели примем кабельную бумагу К-12 (толщиной 0,12 мм), намотанную поверх каркаса в один слой, так как рабочее напряжение вторичной обмотки, располагаемой непосредственно на каркасе до 250 В.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

15

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**28). Толщина междуслоевой изоляции** зависит от диаметра провода и величины рабочего напряжения и определяется по таблице, приведенной в методических указаниям к данной курсовой работе:

Так как диаметр провода в первичной обмотке не превышает 0,5 мм (0,93 мм), то междуслоевую изоляцию будем прокладывать через ряд слоев с суммарным напряжением между крайними слоями Uмс не более 150 В, приняв за изоляцию телефонную бумагу КТН суммарной толщиной 0,05 мм.

Во вторичной обмотке диаметр провода составляет 0,16 мм, что опять же меньше 0,5 мм, следовательно, изоляционную бумагу прокладываем между крайними слоями обмотки. За изоляционную бумагу примем, исходя из данных таблицы, телефонную бумагу КТН, суммарной толщиной 0,05 мм.

Диаметр провода третичной обмотки равен 0,18 мм, следовательно, так же изоляционную бумагу прокладываем между крайними слоями.

**29). Толщина междуобмоточной изоляции**  определяется в зависимости от величины испытательного напряжения обмотки с наибольшим напряжением.

В нашем случае наибольшее испытательное напряжение принадлежит вторичной обмотке, расположенной на каркасе. Так как до , то можно между вторичной и первичной обмотками проложить либо 3 слоев ЭИП-63Б, либо 2 слоя бумаги К-12. На свое усмотрение примем бумагу К-12.

**30). Количество слоев наружной изоляции** выбирается в соответствии с рабочим напряжением последней обмотки. Так как , то наружную изоляцию мы можем выполнить из двух слоев бумаги ЭИП-63Б (или К-12) и одного слоя батистовой ленты толщиной 0,16 мм. В силу того, что расчет трансформатора производится на минимум стоимости и , то можно вместо двух слоев изоляционной бумаги использовать только один слой бумаги К-12 совместно с одним слоем батистовой ленты.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

16

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**31). Число витков в одном слое каждой обмотки** находим по формуле:

, где -коэффициент укладки провода в осевом направлении. Пользуясь графиком в методических указаниях, получаем:

Следовательно,   

Так как здесь производится расчет не математической величины, а реального материала (витки), то округление производим до ближайшего меньшего целого числа.

**32). Число слоев определяем из выражения**



Таким образом, число слоев первичной обмотки будет равно , вторичной обмотки , третичной обмотки .

**33). Радиальный размер каждой обмотки** при диаметре провода  с изоляцией меньше 0,5 мм вычисляем по формуле:

, мм

Коэффициент укладки в радиальном направлении  и коэффициент неплотности междуслоевой изоляции , зависят от диаметра провода и толщины изоляции, и определяются по приведенным в методических указаниях графикам.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

17

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

В рассчитываемом трансформаторе диаметр проводов во всех обмотках не превышает 0,5 мм, следовательно:

т.к.  и , то ;

т.к.  и , то 

т.к.  и , то 

**34). Полный радиальный размер катушки** определяется из выражения для чередования обмоток 1, 2, 3:



Зазор между каркасом и сердечником принимается равным .

Толщину каркаса равна 1,5 мм, тогда с учетом дополнительной изоляции поверх каркаса , толщина наружной изоляции , толщина междуобмоточных изоляций  и . Коэффициент неплотности междуобмоточной изоляции зависит от диаметра провода и определяется по графику зависимости, приведенному в методических указаниях.  . При выполнении обмотки на каркасе коэффициент выпучивания . Коэффициент неплотности намотки наружной изоляции примем равным .

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

18

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Таким образом, .

**35). Определяем зазор между катушками.** Так как полученная величина  лежит в пределах от 0,5 мм до 1 мм, то катушка нормально укладывается в окне магнитопровода.

**36). Находим среднюю длину витка обмоток.**

Средняя длина витка может быть определена на основании выражений:







где  и -наружные размеры каркаса:



В нашем случае, при намотке обмоток в последовательности 1, 2, 3, значения  определяются по формулам:





Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

19

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

Подставив числовые значения, получаем:

**37). Масса меди каждой обмотки** находится из выражения



Подставив числовые значения в формулу, получаем:



Просуммировав массы отдельных обмоток, получим общую массу провода катушки: .

Проверяем значение  по формуле:



**38). Находим потери в каждой обмотке**  по формуле



Расчет в данной работе производится на максимальную температуру, которая должна лежать в пределах , следовательно, коэффициент  принимаем по температуре 105С из таблицы в методических указаниях .



Потери в катушках равны сумме потерь в отдельных обмотках:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

21

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

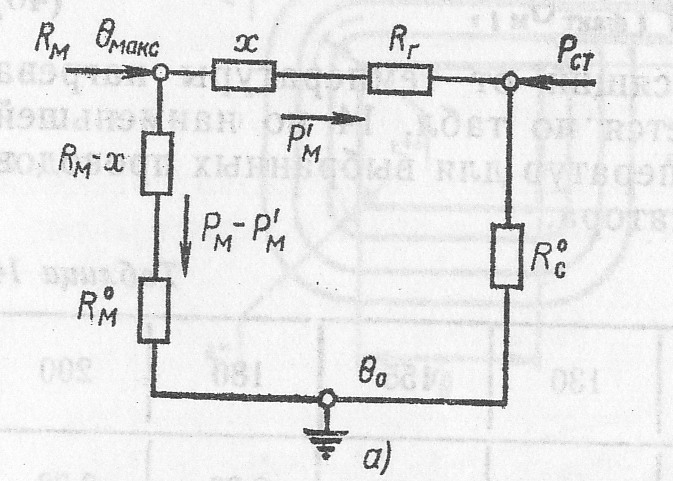
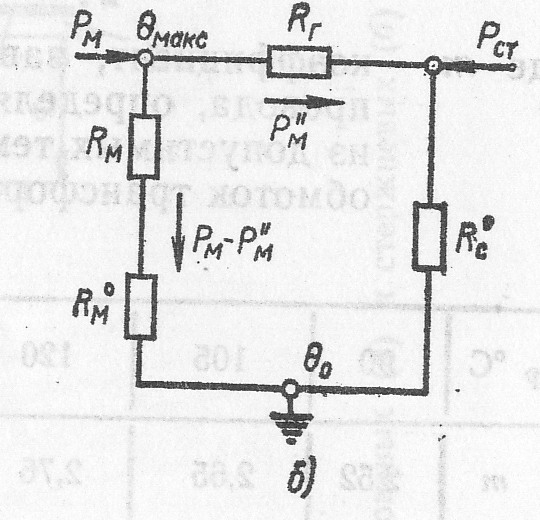
Проверяем значение :



Рекомендуемые пределы отношения потерь в меди к потерям в стали при нормальной нагрузке при 400 Гц, должно лежать в пределах от 0,35 до 1,5. Данная рекомендация выполняется.

**39). Тепловой расчет трансформатора** производится по методу электротепловых аналогий. Здесь используется формальная аналогия между процессами переноса тепла и электричества. При данной методике составляется электрическая схема, моделирующая процессы теплопередачи в трансформаторе.

Для определения максимального превышения температуры катушки и максимального значения среднеобъемной температуры обмотки можно использовать данную тепловую схему:



Изм.

Лист

№ докум.

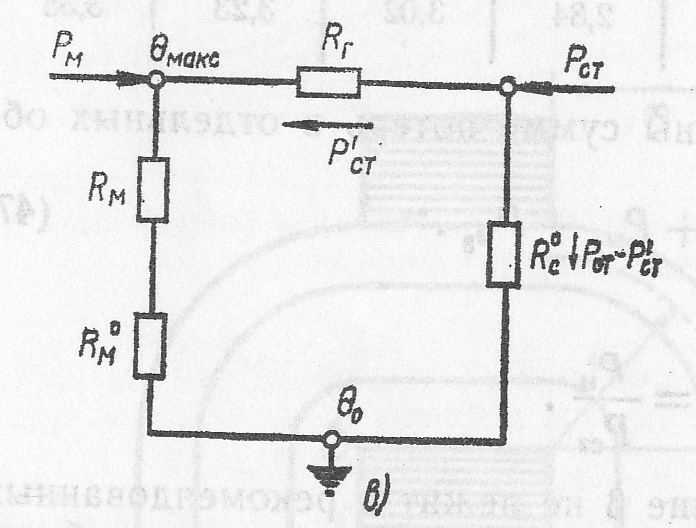
Подпись

Дата

Лист

22

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ



На этом рисунке приняты обозначения:

-тепловой поток, мощность которого равна электрическим потерям в обмотке;

-тепловой поток, мощность которого равна магнитным потерям в стали сердечника;

-тепловые потери в ветвях схемы замещения;

-тепловое сопротивление катушки собственному потоку потерь;

-тепловое сопротивление катушки для потока, идущего от максимально нагретой области до каркаса, величина которого зависит от проходящего через него потока;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

23

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

-тепловое сопротивление каркаса;

-тепловые сопротивления граничных слоев: поверхность катушки-среда и поверхность сердечника- среда соответственно.

**40). Определяем** **.**

Воспользовавшись таблицами в методических указаниях, для выбранного магнитопровода определяем тепловые сопротивления элементов схемы замещения:



**41). Определяем величину теплового потока между катушкой и сердечником**



Подставив в формулу числовые значения, получаем 

**42). Определяем тепловое сопротивление катушки от максимально нагретой области до каркаса** по формуле:



Получаем:



Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

24

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**43). Определяем максимальное превышение температуры катушки и среднее превышение температуры обмотки.**

Так как полученное значение , т.е. тепловой поток, направлен от сердечника к катушке и максимально нагретая область находится на каркасе, то в этом случае необходимо определить тепловой поток катушка-сердечник по формуле:



Полученное значение  оказалось больше нуля, то максимальное превышение температуры катушки определяются по формуле:



Среднее превышение температуры катушки находим, как:



**44). Оценка результатов расчета перегрева.**

Приближенное значение максимальной температуры перегрева  определяют по упрощенной формуле:

,

где -перепад температуры от внутренних слоев обмоток к наружным, для пропитанной лаком катушки примем равным ;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

25

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

-открытая поверхность сердечника трансформатора, , причем ;

-открытая поверхность обмоток трансформатора, ; ;

-удельный коэффициент теплоотдачи.

Воспользовавшись формулами из методических указаний, находим:



Таким образом,  и 

Подставив в исходную формулу все полученные значения, получим:



Максимальные температуры, полученная в пункте 43 и полученная по формуле приближенного расчета, отличаются на , что говорит об отсутствии грубых расчетов в этих пунктах.

**45). Максимальная температура обмотки** равна:

,

где -температура окружающей среды.



Полученная величина  с пренебрежимо малым недостатком укладывается в указанные пределы . С некоторым пренебрежением можно утверждать, что расчеты проведены, верно.

**46).** **Проверка результатов расчета и их корректировка.**

При корректировке проведенных расчетов, можно утверждать, что в расчетах был получен нормальный нагрев и  и коэффициент  .

**47). Активные сопротивления обмоток:**

*А).*при температуре 105

,

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

26

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

где -удельное сопротивление медного провода.



*Б).* сопротивления вторичных обмоток, приведенные к первичной,



где -активные сопротивления обмоток при температуре 105

**48). Индуктивные сопротивления рассеяния обмоток**

**,**

где -высота катушки, м; -площадь канала рассеяния i-й катушки, м .

При размещении обмоток в порядке 1, 2, 3:







Таким образом, 

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

27

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

**49). Падения напряжения на обмотках при номинальной нагрузке**







**50). Полные падения напряжения на вторичных обмотках при номинальной нагрузке**



Подставив числовые значения, получаем, 

**51). Напряжения на вторичных обмотках**



Так как  и , то мы можем полностью утверждать, что расчеты произведены верно.

**52). Находим η трансформатора по формуле:**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

28

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ



**53). Выбор проводов для выводов обмотки.**

Так как диаметр проводов меньше 0,2 – 0,35 мм, то выводы и отводы делают гибким монтажным проводом сечением 0,05 – 0,2 мм.

При рабочем напряжении до 127 В – наиболее часто выводы обмоток выполняют проводами марки МГШДО.

**54). Задание на намотку и сводные данные трансформатора.**

По результатам расчета трансформатора следует составить таблицу обмоточных данных и задание на намотку трансформатора.

Обмоточные данные.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  обмотки | Провод | число | | | Длина  намотки,  м | Масса  меди,  г | Отводы | Примечание |
| витков | витков  в слое | слоев |
| 1 | ПЭВ-1 | 794 | 778 | 7 | 0,598 | 0,788 | МГШДО |  |
| 2 | ПЭВ-1 | 937 | 918 | 9 | 0,654 | 0,116 | МГШДО |  |
| 3 | ПЭВ-1 | 31 | 31 | 0,3 | 0,642 | 0,047 | МГШДО |  |

**55) Свободные данные расчета трансформатора**:

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

29

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

масса стали сердечника, кг ……………………………..0,045

удельный расход стали, ………………………....0,03

масса меди обмоток, кг …………………………………..0,009

удельный расход меди, ………………………….5,5

отношение массы стали к массе меди ………………….5

потери в стали сердечника, Вт ………………………….0,9

потери в меди обмоток, Вт ……………………………...1,5

отношение потерь в меди к потерям в стали …………..1,6

КПД при номинальной нагрузке………………………...

максимальное превышение температуры обмотки

трансформатора над температурой

окружающей среды ………………………………………40

намагничивающий ток …………………………………...0,2

относительные изменения напряжений при

номинальной нагрузке:

…………………………………………………………5,59

…………………………………………………………75,6

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

30

ОГТИ 101600. 64.08.05.ПЗ

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Курсовая работа содержит подробный ход расчета, обоснованы выбранные значения параметров, эскизы и свободные данные трансформатора.

В данном курсовой работе был рассчитан однофазный трансформатор с воздушным охлаждением. В ходе работы был выбран магнитопровод, определено число витков обмоток, потери в стали, намагничивающий ток,

а также электрический и конструктивный расчет обмоток, падение напряжения и КПД трансформатора.

Однофазный трансформатор по технико-экономическим показателям, удовлетворяет поставленную задачу по проектированию.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

31

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руднев В.Н. Попов Д.А. Юдов М.Ф. Методическое пособие: Электрические машины. Задание на курсовой проект с методическими указаниями для студентов 4 курса специальности АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА Ж/Д ТРАНСПОРТЕ. / М.:1990

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

32

ОГТИ 101600.64.08.05.ПЗ

1. Руднев В.Н. Электрические машины. Приложение. Задание на курсовой проект по расчету маломощного трансформатора с воздушным охлаждением для студентов 4 курса специальности АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА Ж/Д ТРАНСПОРТЕ. / М.:1990
2. Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для студентов сред. проф. учебных заведений. – 3-е изд., М.: Высш. шк.; 2001г.
3. Ермолин Н.П. Расчет трансформаторов малой мощности. М.: Энергия, 1969