Министерство образования и науки Украины

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Кафедра ПЭЭА

# Курсовой проект

## Пояснительная записка

Дисциплина

Элементная база ЭА

Тема проекта

Проектирование трансформатора общего назначения

Разработал

Григорьева О.В.

## 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Анализ ТЗ

2. Обзор аналогичных конструкций и выбор направления проектирования

3. Электрический и конструктивный расчет:

3.1 Расчет тороидального трансформатора

3.2 Теплотехнический расчет

4. Эскизная проработка элемента и обоснование принятых решений

Паспорт

Выводы

Перечень ссылок

ВВЕДЕНИЕ

За, последние годы широкое применение получила радиоэлектронная техника, характер и функции которой требуют применения десятков и сотен тысяч различных комплектующих изделий, среди которых трансформаторы составляют весомую и неотъмлемую часть .

Они выполняют ответственную функцию – преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока -и составляют до % общего числа элементов радиоэлектронной аппаратуры.

U=220В-напряжение цепи питания ;



f=400Гц-частота сети питания ;

U=24В-напяжение первой вторичной обмотки ;



I=2.3 А-ток первой вторичной обмотки ;



U=12В-напряжение второй вторичной обмотки ;



I=2.3 А-ток второй вторичной обмотки ;



U=5В-напряжение третьей вторичной обмотки ;



I=2.2А-ток третьей твторичной обмотки ;



U=1,5В-напряжение третьей вторичной обмотки ;



I=2.2А-ток третьей твторичной обмотки .



## Р=100

Условия эксплуатации:

* климатические УХЛ 4.2 ГОСТ 15150 – 69;

Годовой выпуск n= 25000 шт./год.

К примеру, идеальный трансформатор осуществляет трансформацию напряжений или токов, что позволяет получить требуемое напряжение, согласовать напряжение и ток первичной цепи с сопротивлением нагрузки вторичной цепи или дать вторичное напряжение, требующееся для создания вторичного источника питания РЭА. Благодаря этим достоинствам трансформаторы успешно используются в таких радиоэлектронных устройствах, к которым предъявляются повышенные требования точности и стабильности электрических и эксплуатационных параметров. Трансформаторы используются в электронной аппаратуре, различных системах автоматического управления и регулирования, в электрооборудовании транспорта и измерительной технике. При помощи трансформаторов можно не только преобразовать электрическую величину, но и реализовать требуемую функциональную зависимость между этими величинами.

В этом курсовом проекте также решается задача конструирования маломощного броневого трансформатора, предназначенного для преобразования систем переменного электрического тока. Вся трудность заключается в том, что трансформаторы имеют большие габариты, массу что значительно ограничивает их применение в интегральных схемах. То есть данный курсовой проект является вкладом в процесс развития маломощных трансформаторов.

1. АНАЛИЗ ТЗ

Согласно технического задания необходимо спроектировать трансформатор с такими характеристиками:

U=220В-напряжение цепи питания ;



f=400Гц-частота сети питания ;

U=24В-напяжение первой вторичной обмотки ;



I=2.3 А-ток первой вторичной обмотки ;



U=12В-напряжение второй вторичной обмотки ;



I=2.3 А-ток второй вторичной обмотки ;



U=5В-напряжение третьей вторичной обмотки ;



I=2.2А-ток третьей твторичной обмотки ;



U=5В-напряжение третьей вторичной обмотки ;



I=2.2А-ток третьей твторичной обмотки .



Условия эксплуатации:

- климатические УХЛ 4.2 ГОСТ 15150 – 69;

Годовой выпуск n= 25000 шт./год.

Будущий трансформатор должен быть согласован с ГОСТ 15150-69 по климатическому исполнению эксплуатироваться в микроклиматических районах с умеренным и холодным климатом в лабораторных, капитальных жилых и других подобных помещениях. Кроме того, в некоторых случаях унифицированные трансформаторы не могут быть использованы и необходимо рассчитывать и конструировать трансформаторы частного применения. В конструкции трансформатора имеется сердечник из материала с высокой магнитной проницаемостью и малым уровнем потерь и возможно большей индукцией насыщения Обычно для трансформаторов питания применяются разрезные сердечники, полученные из набора отдельных пластин. Разрезные сердечники требуют введения дополнительных элементов конструкции, обеспечивающих их сжатие и механическое соединение для уменьшения воздушного зазора. Сердечник обычно изготавливают из стальной ленты и пластин, а также из пермалоя и феррита. Для исключения контакта между слоями ленты и пластин, приводящего к увеличению потерь в сердечнике, который имеет конечную толщину. Поэтому высокой магнитной проницаемостью обладает только часть сечение сердечника, чем более тонкие ленты используется в сердечнике. Изготовить трансформатор, одновременно удовлетворяющий требованию минимальной массы, стоимости, перегрева, и падения напряжения, невозможно. Например, если предъявляется требование минимальной стоимости, то в связи с тем, что стоимость проводов (меди) значительно выше сердечника (стали), выгоднее увеличить размеры и массу сердечника и уменьшать окно. Если же важно, чтобы трансформатор имел минимальную массу, то следует уменьшить сечение сердечника и увеличивать окно, а необходимый режим работы сердечника обеспечивать, увеличивать число витков. Лучшие магнитные свойства имеют ленточные сердечники, у которых направление магнитных силовых линий совпадает с направлением проката. Кроме того, в них можно использовать очень тонкие ленты толщиной до 0,01 мм. Ленточные разрезные сердечники в настоящее время нормализованы. В миниатюрных трансформаторах большое распространение получили ленточные сердечники с уширенным ярмом, сердечники кабельного типа, сердечники с распространённым зазором (1-3). Основными требованиями к магнитному материалу, применяемому в трансформаторах питания, являются высокая индукция насыщения и малые потери. Для маломощных трансформаторов, питающихся напряжением частотой 50-400 Гц, основным требованием является высокая индукция насыщения. При увеличении размеров трансформаторов объём сердечника увеличивается быстрее, чем поверхность охлаждения. При использовании ленточных проводников увеличивается коэффициент заполнения, не возникает пустот между обмотками, значительно улучшается теплоотвод, увеличивается долговечность трансформатора и способность выдерживать перегрузки. К капсулированию прибегают, когда требуется обеспечить наименьшую массу и габариты трансформатора. Капсулирование производят, заливая трансформатор в разъёмной форме, обволакивая его или закрывая в пластмассовую коробку, При капсулировании трансформаторов используются специальные компаунды на основе тепло- и влагостойких смол, чаще всего эпоксидных и полиэфирных. Для уменьшения массы капсулированных трансформаторов толстым слоем компаунда можно покрывать не всю поверхность, а только наиболее уязвимые места. Затем трансформатор покрывают специальной специальной влагостойкой эмалью типа 7141 , ЭП74 или покровным лаком. Производство тарнсформаторов – серийное. Поэтому нужно обеспечить простоту изготовления и использовать для него недорогие материалы.

#### 2. обзор аналогичных конструкций и выбор направления проектирования

Конструкция заданного маломощьного трансформатора в большей мере зависит от заданных характеристик. Следовательно, после анализа технического задания стало известно, что конструируемый трансформатор должен иметь следующие исходные данные :

U=220В-напряжение цепи питания ;



f=400Гц-частота сети питания ;

U=24В-напяжение первой вторичной обмотки ;



I=2.3 А-ток первой вторичной обмотки ;



U=12В-напряжение второй вторичной обмотки ;



I=2.3 А-ток второй вторичной обмотки ;



U=5В-напряжение третьей вторичной обмотки ;



I=2.2А-ток третьей твторичной обмотки ;



U=5В-напряжение третьей вторичной обмотки ;



I=2.2А-ток третьей твторичной обмотки ;



Р=100Вт-суммарная мощность вторичных обмоток.

Условия эксплуатации:

* климатические УХЛ 4.2 ГОСТ 15150 – 69;

Годовой выпуск n= 25000 шт./год.

Так как трансформатор имеет большие электромагнитные силовые потоки, а соответственно большие размеры обмоток элемента. Для уменьшения размеров и массы важную роль играет грамотный подбор материалов составных частей трансформатора. Аналогичными конструкциями для данного трансформатора являются конструкции:

ТА5-115-400.ОЮ0.71.000 ТУ - трансформатор анодный, номер 5 из унифицированного ряда, напряжение 115В, частота 400Гц ;

ТНС-1Т.ОЮ0.472.041 ТУ - низкочастотный трансформатор согласования, номер1 , буква Т означает тропический вариант исполнения ;

БТИ1-1-БТИ1111-66.ОЮ0.222.000ТУ - блоки импульсных трансформаторов, вариант конструкции 1, порядковый номер типономинала блока 1-66 ;

ТПр5-2Т.ОЮ0.472.057ТУ - трансформатор преобразователя , номер 5, напряжение 12,6В , тропический вариант.

В современных РЭА масса и габариты устройств питания составляют 0.5-0.1 общей массы и габаритов и на их долю приходится в некоторых случаях до 50% отказов.

Что требует совершенствования трансформаторов питания. Основные трудности при этом определяются тем , что материалы сердечников имеют ограниченные магнитную проницаемость и индукцию насыщения и большие потери. Прогресс в конструкциях трансформаторов в последние годы определяется совершенствованием методов проката, что позволило получить ленты толщиной до 0,01мм, а также развитием ферритов, пригодных для использования в маломощных трансформаторах питания. На основании практических данных наиболее приемлемым при данных условиях считается тороидальный трансформатор.

Но учитывая условия внешних механических и физических воздействий более целесообразно использовать броневой трансформатор.

Учитывая эти недостатки в существующих трансформаторах, относительно проектируемого выбираем следующие направления:

1. Для стяжки трансформатора используем обойму специальной формы;
2. Фиксация всей конструкции к основанию происходит болтовыми соединениями;
3. Токосъем выполним в виде паяного соединения контактов трансформатора с отводящими элементами;
4. Обмотка трансформатора – открытого типа, то есть крышки не имеет, так как условия работы – лаборатории, жилые дома и другие подобные помещения.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ

3.1 Расчет тороидального трансформатора

1. Выбираем конфигурацию магнитопровода

В соответствии с рабочей частотой выбирается материал и толщина пластины на основании таблицы 3.1–Виды магнитопроводов.

В качестве материалов для магнитопровода выбираем сталь ХВП с толщиной ленты 0.15мм.

2.Определение ориентировочных величин

Индукцию найденную по таблице 3.1 , уменьшаем на 5% для того , чтобы при увеличении напряжения питающей сети в заданных пределах (+5%) максимальная индукция не превышала табличное значение :

В=16500 (гс ) – индукция;

δ=4.0А/мм- плотность тока, на основании таблицы 4.1–Таблица плотности тока ;



k=0.22-коеффициент заполнения окна, из таблицы 3.3- Таблица зависимости коэффициента заполнения окна от конфигурации магнитопровода



k=0.88– коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью, из таблицы 3.4- Коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью.



3. По формуле (3.2) определяем произведение сечения стали магнитопровода на площадь его окна. Однозначно определяет требуемый типоразмер магнитопровода

SS=, (3.1)



Тогда , подставив значения , получим :

SS=8.8см2.



4. Из таблицыП3-4–выбираем магнитопровод

S=1.27см2– активная площадь сечения магнитопровода



G= 125г- вес магнитопровода



= 12.8см - средняя длина магнитной силовой линии



P=186 В\*А - мощность трансформатора



Габаритные размеры:

d=32мм

a=9.0мм

в=16мм

D=50мм

5. По формуле 3.4 находим ток первичной обмотки

I = , I = = , (3.2)



I = 0.478,



где -суммарная мощьность вторичных обмоток



=0.95 –из таблицы 3.6;



cos =0.1 -из таблицы 3.6.



6. По формулам (3.3)-(3.4) и таблице 3.7 находим число витков обмоток

=, (3.3)



E=U(1-) – Э.Д.С. первичной обмотки ; (3.4)



E=U (1-) – Э.Д.С. вторичных обмоток ; (3.5)



Где U и U для трансформаторов на 50Гц с максимальным напряжением на вторичной обмотке до 1000 В , работающих при =50С ,приведены в таблице 3.7 , но U берём на 10-20 % больше указанных так, как наружная обмотка :



U = 20 В ;



U = 0.84 В ;



U = 0.42 В ;



U= 0.175 В ;



U= 0.0525 В



тогда

= 473 витков =176В



= 65 витков ; =24.2В



= 32 витков ; =12.05В



= 14 витков ; =5В



= 4 витков . =1.5В



7. По формуле (3.7) и таблице 3.8находим ориентировочные значения величины плотности тока и сечения проводов обмотки .

S = , (3.6)



Где -плотность тока (по таблице 3.8 = 1.9-1.3 А/мм ) :



=3.6А/мм;=4.2 А/мм;=4.2 А/мм;=4.37А/мм;=4.4 А/мм;



S = 0.119 мм ;



S = 0.511мм;



S = 0.511мм;



S= 0.5027мм;



S= 0.6362мм



1. Выбираем сечения и диаметры проводов(марки ПЭВ-2)

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 1 | 0.1320 | 0.41 | 0.47 | 1.11 |
| 2 | 0.5411 | 0.83 | 0.92 | 4.81 |
| 3 | 0.5411 | 0.83 | 0.92 | 4.81 |
| 4 | 0.5027 | 0.8 | 0.89 | 4.47 |
| 4 | 0.6362 | 0.9 | 0.99 | 5.66 |

Выбираем стандартные сечения и диаметры проводов ПЭВ-1из таблицы 3.1-Номинальные данные обмоточных проводов круглого сечения.

Номинальный диаметр проволоки по меди , мм :

d=0.47 мм ;d= 0.83 мм ;



d = 0.83 мм ;d = 0,8 мм ;d = 0,9 мм ;



Максимальный наружный диаметр, мм:

d = 0,47мм



d = 0,92мм



d =0,92мм



d = 0,89мм



d = 0,99мм



Вес одного метра медной проволоки, г :

g=1.11г/м;



g=4.81 г/м;



g=4.81 г/м;



g=4.47г/м;



g=5.66г/м;



9. Определяем фактические плотности тока за формулой преведенной в

=3,6а/мм2



10. По формулам (3.7-3.8) определяем наружный и внутренний диаметры магнитопровода после изолировки его микалентой ЛМС-1 толщиной 0.1 мм вполуперекрышку. По наружной образующей тороида прокладываем один слой микаленты.

(3.7)



(3.8)



50+2(0,1+0,1⋅2)=50+2⋅0,3=50,6мм



32-2⋅0,1⋅2⋅50/32=64-2⋅0,3125=31,375мм



1. По формулам (3.9-3.14) и определяем число слоев первичной обмотки по наружному диаметру тороида:

(3.9)



(3.10)



(3.11)



(3.12)



(3.13)



l =473⋅0,47⋅1,15=255.6мм



X=3,14(50,6-0,47)=157.4мм

Х=24777.3мм



S=4⋅3,14⋅0,47⋅255.6=1508.8мм2

Z=2⋅3,14⋅0,47=2.95мм

слоя



1. Определяем число слоев первичной обмотки по внутреннему диаметру:



у2=9998.66мм2

у=3,14(31,375+0,47)=99.99мм

слоя



1. Определяем диаметры трансформатора после укладки провода первичной обмотки:



50,6+2⋅2⋅0,47⋅1,15=52,76мм



32,375-2⋅3⋅0,47⋅1,15=28.13мм



1. Находим длину среднего витка первичной обмотки

P=2(a+b)

P=2(9+16)=50мм



1. Изоляцию первичной обмотки по наружному диаметру производим микалентной бумагой толщиной 0.02мм в четыре сложения вполуперекрышку. Определяем наружный и внутренний диаметры трансформатора после укладки междуслоевой изоляции:



1. Определяем число слоев обмотки по наружному диаметру тороида:



x2 =26824.67мм2

k=1.15



1. Определяем число слоев вторичной обмотки по внутреннему диаметру.



у2 =7974.7мм2

1. Определяем диаметры трансформатора после укладки провода вторичной



Находим длину среднего витка вторичной обмотки



9. Изоляцию вторичной обмотки по наружному диаметру производим микалентной бумагой толщиной 0.02мм в четыре сложения вполуперекрышку. Определяем наружный и внутренний диаметры трансформатора после укладки междуслоевой изоляции:



10. Определяем число слоев обмотки по наружному диаметру тороида:



11.



12.



13.



14.



15.



16.



17.



18.



19.



20.



21.



22. Находим окончательные размеры трансформатора после изоляции обмотки миколентной бумагой 0,02 мм по наружному диаметру одним слоем в четыре сложения с половинным перекрытием, после чего наружный периметр изолируем двумя слоями той же бумаги сложенной вдвое:



23.Окончательные габаритные размеры трансформатора с учетом коэффициента выпучивания определяем по формулам



24.Определяем потери в стали:



25. Определяем активную составляющую тока холостого хода



26 .Определяем реактивную составляющую тока холостого хода



27. Определяем ток холостого хода:



28. Определяем активное соединение обмоток



29. Определяем активные падения напряжения в обмотках трансформатора:



30. Определяем массу проводов, потери меди и КПД трансформатора:



.



31. Находим расчетный коэффициент:



32. Определяем поверхность охлаждения трансформатора



ПАСПОРТ

Данный трансформатор предназначен для преобразования напряжения в зарядном устройстве.

Электрические данные:

1. Напряжение питания 220 В

2. Потребляемый ток 58,06 А

3. Напряжение на выходе второй обмотки 150 В

4. Напряжение на выходе третьей обмотки 36 В

5.Напряжение на выходе четвертой обмотки 36 В

6.Напряжение на выходе пятой обмотки 36 В

7. Ток первичной обмотки 0,478 А

8.Мощность вторичных обмоток 100Вт

Условия эксплуатации:

Температура окружающей среды от +40 до –60 град. С. Относительная влажность до 98% при температуре окружающей среды +25. Атмосферное давление от 0.06 до 106.6 кПа. Климатическое исполнение трансформатора-УХЛ 2.1

ВЫВОДЫ

Стоимость конструкции не высока, т.к. для ее разработки берутся не дорогие материалы.

В процессе выполнения данного курсового проекта была разработана конструкция трансформатора питания для бытовой аппратуры. Определены конструкторские и технические параметры трансформатора. Произведен выбор материалов, необходимых для изготовления трансформатора. Выполнены необходимые расчеты по определению электрических и конструктивных параметров трансформатора. Получены определенные навыки расчета параметров и разработки технической конструкторской документации на изготовление элементов электронной аппаратуры.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. М.И. Белопольский, Л.Г. Пикалова. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности. - М. Энергия. 1970.

2. В.Л. Соломахо и др. Справочник конструктора—приборостроителя. Проектирование. Основные нормы. -Мн. Высшая школа. 1988.

3. В.А. Волгов. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. -М. Энергия. 1977.