

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Л. А. БУШУЙ

ИЗУЧЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 621. 314(075. 32)
ББК 32. 852. я 73
Б90

Рецензент
преподаватель Проходцев В.В.

Б90 **Бушуй, Л. А.**
Изучение трансформаторов: методические указания к лабораторной работе /Л.А. Бушуй - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 23 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторной работы «Изучение трансформаторов» раздела «Магнитные материалы» по дисциплине «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов 2 курса специальности «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники».

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов утвержденного 18.03.2002 Министерством образования Российской Федерации.

ББК 32. 852 я 73

© Бушуй Л. А., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	
1 Теоретическая часть работы.....	4
1.1 Классификация трансформаторов	4
1.2 Типы трансформаторов	4
1.3 Принцип действия и конструкции трансформаторов.....	14
1.4 Потери и коэффициент полезного действия.....	17
1.5 Неисправности трансформаторов и дросселей.....	19
1.6 Контрольные вопросы.....	21
2 Практическая часть работы.....	21
2.1 Оборудование.....	22
2.2 Содержание отчёта.....	22
2.3 Порядок выполнения отчёта.....	22
Список использованных источников.....	23

Введение

Учебное пособие может быть использовано преподавателями и студентами при проведении лабораторной работы «Изучение трансформаторов» раздела «Магнитные материалы» дисциплины «Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты», при подготовке студентов к тестированию и к экзаменам.

1 Теоретическая часть работы

1.1 Классификация

Трансформаторы представляют собой электротехнические приборы, преобразующие переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения (одной и той же частоты). Принцип действия трансформаторов основан на законе электромагнитной индукции.

Трансформаторы подразделяются по назначению на силовые, согласующие и импульсные; по типу применяемого магнитопровода — на броневые, стержневые и тороидальные. Кроме того, по количеству обмоток различают однообмоточные и многообмоточные трансформаторы, как показано на рисунке 1.

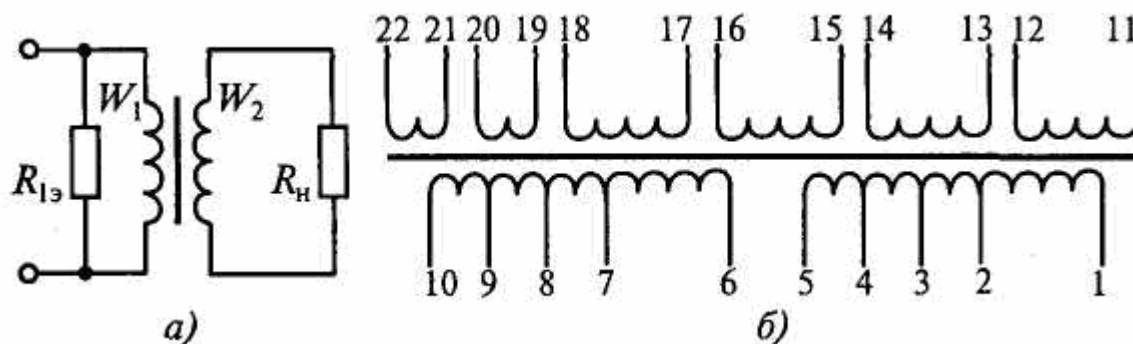


Рисунок 1 - Схемы двухобмоточного (а) и унифицированного многообмоточного (б) трансформаторов

1.2 Типы трансформаторов

1.2.1 Трансформаторы питания, или силовые

Служат для преобразования переменного напряжения осветительной сети (220 В, 50 Гц) в переменное напряжение, необходимое для работы радиоэлектронного устройства. Силовые трансформаторы имеют одну или две катушки (обмотки) на каркасе из гетинакса или картона, расположенные на замкнутом магнитном сердечнике.

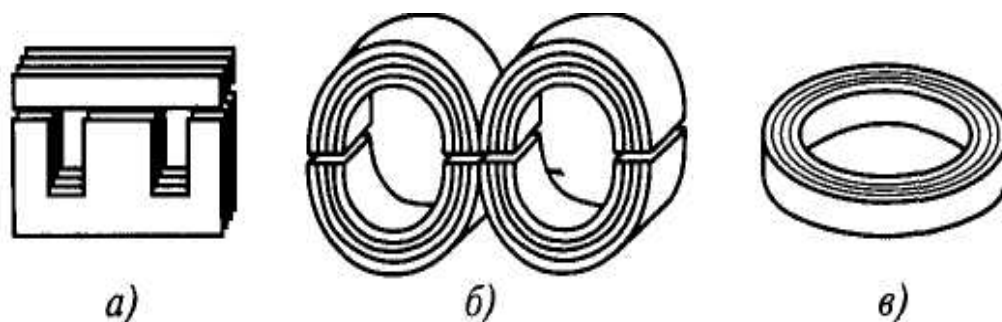
Одна из обмоток трансформатора подключается к источнику переменной ЭДС и называется первичной, все остальные обмотки называются вторичными.

Первичный ток, протекая через витки первичной обмотки, наводит в ней и сердечнике переменное магнитное поле, магнитный поток которого пересекает витки вторичной обмотки и наводит в них переменную ЭДС, возникает напряжение и ток через нагрузку

Сердечники изготавливаются из тонких, изолированных друг от друга пластин Ш-образной, П-образной формы либо свиваются из ленты, как показано на рисунке 2.

При изготовлении первичная (сетевая) обмотка накладывается первой, виток к витку. Затем накладывается изолирующий виток бумажной ленты и прокладывается незамкнутый виток фольги, от которого делается отвод. Виток фольги служит электростатическим экраном и устраняет емкостные переходы сетевых помех во вторичные обмотки. Экран изолируется еще одним слоем бумаги, после чего накладывается одна или несколько вторичных обмоток. Первичная обмотка может состоять из нескольких тысяч витков. Если число витков во вторичной обмотке меньше, чем в первичной, то трансформатор является понижающим, в противном случае он является повышающим.

Габариты трансформатора пропорциональны мощности, которую он способен пропустить.



a — броневой Ш-образный; *б* — броневой ленточный; *в* — кольцевой ленточный

Рисунок 2 - Конструкции сердечников трансформаторов

Основными характеристиками трансформатора питания являются напряжение на вторичных обмотках и токи, на которые рассчитаны эти обмотки.

В современной аппаратуре все чаще применяются импульсные источники питания, которые имеют значительно меньшие габариты, чем силовые трансформаторы. В этом случае для преобразования переменного тока в постоянный используется высоковольтный выпрямитель. Он непосредственно подает постоянный ток для питания высокочастотного мощного генератора, работающего на частоте выше 20 кГц. Преобразование переменного напряжения высокой частоты в требуемые для работы напряжения осуществляется при этом сравнительно малогабаритным силовым трансформатором.

Заданная мощность передается трансформатором, габариты которого обратно пропорциональны рабочей частоте. Частота 20 кГц в 400 раз выше частоты электросети, поэтому габариты и масса силового трансформатора, используемого в импульсном источнике питания, будут намного меньше, чем трансформатора, работающего в электросети с частотой 50 Гц.

Импульсные источники питания позволяют уменьшить размеры и массу аппаратуры. Кроме того, импульсные источники питания, несмотря на некоторое усложнение схемы, обеспечивают стабилизацию напряжения.

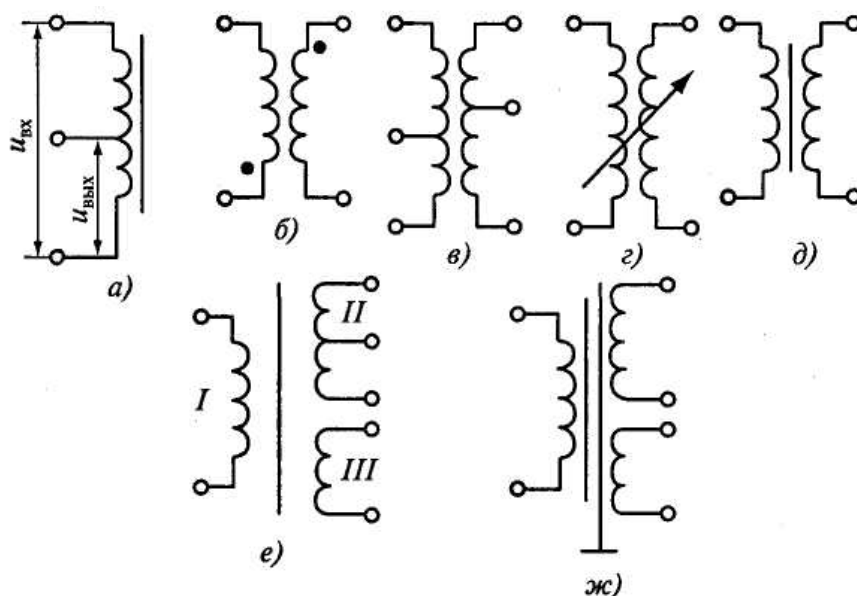
1.2.2 Согласующие трансформаторы

Имеют тот же принцип работы, что и силовые, однако они выполняют другую функцию. Эти трансформаторы предназначены для согласования предоконечных каскадов транзисторных усилителей звуковой частоты с выходными каскадами. Согласующие трансформаторы передают незначительную мощность (единицы милливатт), но работают в широком диапазоне звуковых частот (от 300 Гц до 10 кГц); их сердечники изготавливают из пермаллоя или феррита. Согласующий трансформатор имеет коэффициент трансформации 1:4. Трансформатор является понижающим.

В качестве согласующих используются также выходные трансформаторы, которые служат для согласования относительно высокого внутреннего сопротивления выходного каскада усилителя звуковой частоты с низким сопротивлением звуковой катушки громкоговорителя или акустической системы (от 4 до 8 Ом). Такое согласование позволяет отвести от выходного каскада относительно небольшой ток сигнала при большом размахе напряжения и обеспечить в низкомном громкоговорителе большой ток малого напряжения. Это позволяет исключить большое падение напряжения полезного сигнала при относительно малом размахе тока на внутреннем сопротивлении выходного каскада и отдать в акустическую систему максимальную мощность при минимальных искажениях.

В связи с тем, что через выходной трансформатор пропускается вся мощность, на которую рассчитана акустическая система (до нескольких десятков ватт), габариты выходных трансформаторов в мощных усилителях могут быть довольно значительными. Кроме того, короткое замыкание в акустической системе способствует выводу из строя выходного трансформатора. Поэтому в настоящее время широко применяются усилители с бестрансформаторным выходным каскадом. Однако такая схема менее экономична и применяется только в стационарных приемниках и усилителях.

На схемах трансформаторы изображаются с помощью условных обозначений, показанных на рисунке 3.



а — автотрансформатор; б — без сердечника, высокочастотный (точка показывает начало обмотки); в — то же, с отводами; г — высокочастотный без сердечника с регулируемой связью между обмотками; д — двухобмоточный с ферромагнитным сердечником; е — трехобмоточный с отводом в обмотке II; ж — с ферромагнитным сердечником и электростатическим экраном между обмотками, соединенными с корпусом

Рисунок 3 - Условные обозначения трансформаторов на схемах

Большинство карманных приемников выполняется по трансформаторной схеме.

На практике кроме трансформаторов применяют автотрансформаторы. Они имеют одну обмотку и большое количество выходных отводов или подвижный выходной контакт, перемещающийся по виткам катушки. Это позволяет плавно или небольшими скачками (дискретно) изменять выходное напряжение. У автотрансформаторов по сравнению с трансформаторами имеется недостаток - отсутствует электрическое разделение (развязка) первичной и вторичных цепей. Параметры и конструкции автотрансформаторов и трансформаторов аналогичны.

1.2.3 Импульсные трансформаторы

Применяют для преобразования импульсных низкочастотных или высокочастотных сигналов. Они используются, например, в импульсных источниках питания, в каскадах кадровой и строчной развертки телевизионной аппаратуры. По принципу построения они аналогичны рассмотренным выше, хотя и имеют особенности, обусловленные назначением (например, высоковольтная обмотка).

Многие импульсные трансформаторы, применяемые, прежде всего в телевизионных приемниках, выпускаются унифицированными. Это относится к трансформаторам выходным строчным. Например, ТВС-70П2, ТВС-90ПЦ10 (ТВС - трансформатор входной строчный; 90, 70 - угол отклонения луча кинескопа в градусах; П - для полупроводниковых телевизоров, Ц - для цветных телевизоров; 2, 10 - порядковый номер разработки).

В новых поколениях телевизоров применяют в качестве выходных строчных трансформаторы, у которых высоковольтная обмотка совмещена с умножителем напряжения. Они также унифицированы и имеют обозначение ТДКС (трансформатор диодно-каскадный строчный) с порядковым номером разработки (например, ТДКС-19). Условные графические обозначения некоторых типов выходных строчных трансформаторов показаны на рисунке 4.

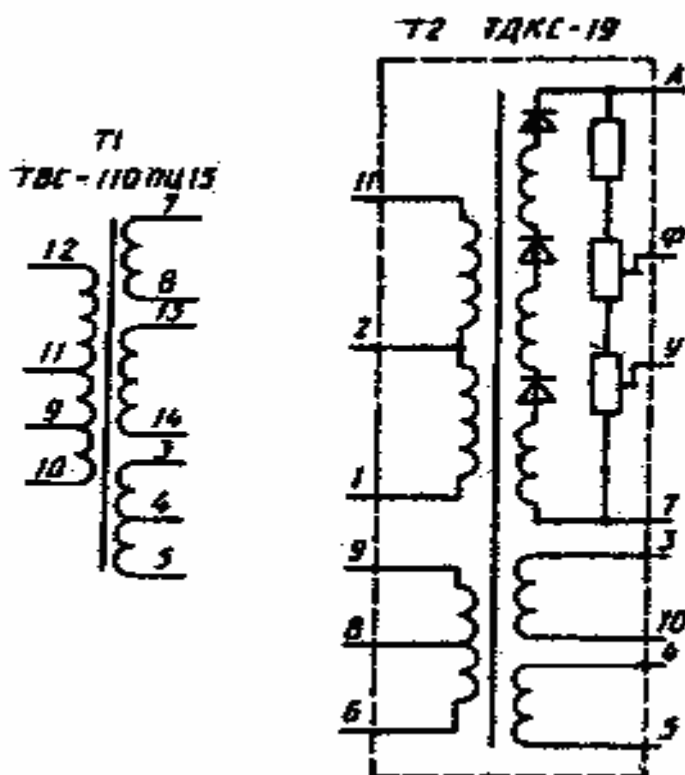


Рисунок 4- Условные графические обозначения некоторых типов выходных строчных трансформаторов

Импульсные трансформаторы, применяемые в источниках питания, также унифицируются и имеют обозначение. ТПИ (трансформатор питания импульсный) с номером модификации. Например, ТПИ-8-1, ТПИ-501, ТПИ-601 и т. д.

На рисунке 5 показаны условные графические обозначения некоторых типов импульсных трансформаторов питания.

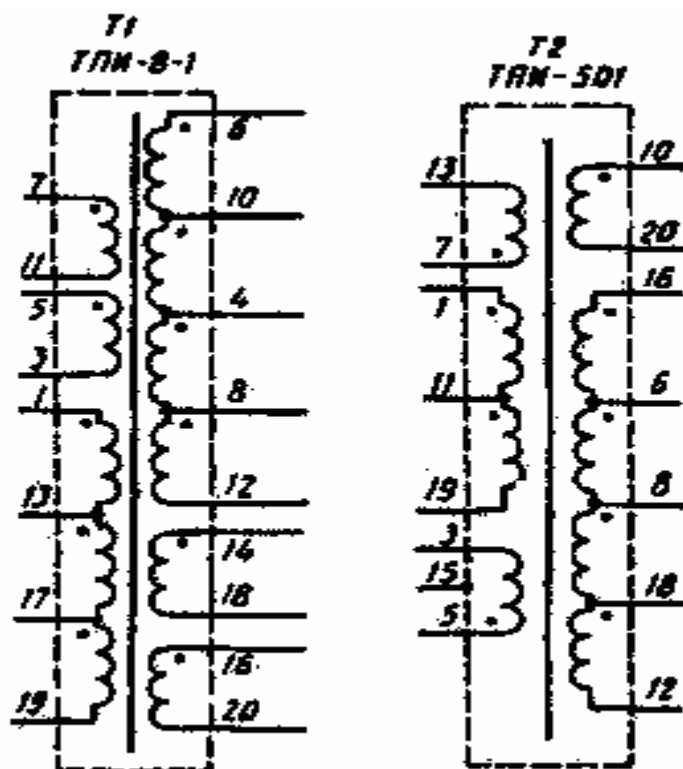


Рисунок 5 - Условные графические обозначения некоторых типов импульсных трансформаторов питания

1.2.4 Отклоняющие системы

Отклоняющие системы (ОС) предназначены для создания магнитного поля, перемещающего луч кинескопа по вертикали и горизонтали. Надевается ОС на горловину кинескопа и имеет две строчные (сверху и снизу) и две кадровые (справа и слева) катушки, которые закрепляются в специальном каркасе с контактной панелью для подключения. ОС унифицируются и обозначаются следующим образом: ОС, угол отклонения луча в градусах, буква Л (для ламповых телевизоров) или П (для полупроводниковых), буква Ц (только для цветных), номер модификации. Например, ОС-110П2.

Условные графические обозначения некоторых типов ОС показаны на рисунке 6.

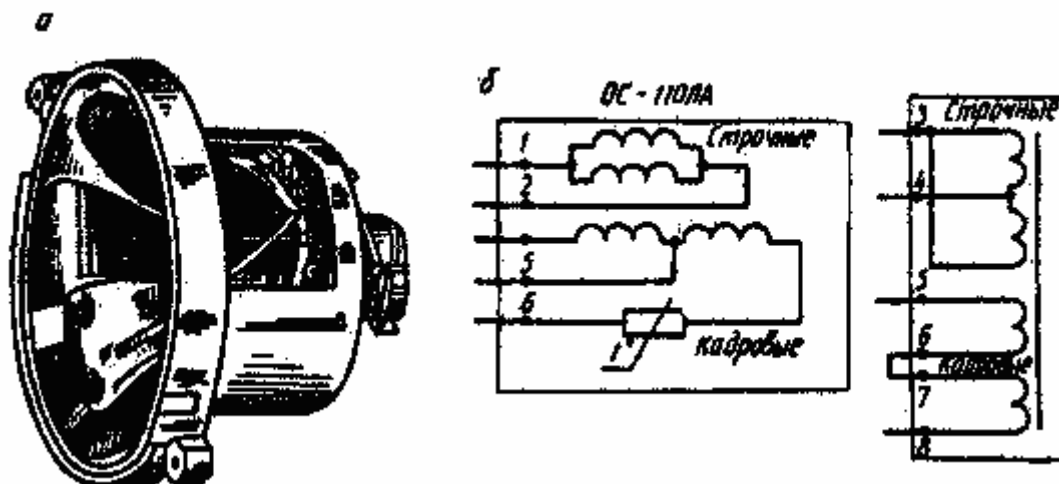


Рисунок 6 - Отклоняющая система (а) и условные графические обозначения некоторых типов отклоняющих систем (б)

1.2.5 Автотрансформатор

В автотрансформаторе, показанном на рисунке 7, часть витков первичной обмотки используется в качестве вторичной обмотки, т.е. в автотрансформаторе имеется всего лишь одна обмотка, часть которой принадлежит одновременно обеим обмоткам.

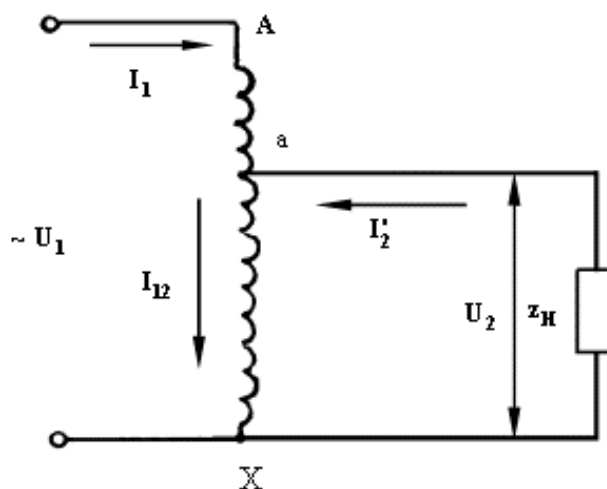


Рисунок 7 – Автотрансформатор

На участке аХ протекает ток $i_{12} = i_2 - i_1$, или, переходя к действующим значениям, учитывая, что I_1 и I_2 находятся в противофазе, можно записать

$$I_{12} = I_2 - I_1 \quad (1)$$

Таким образом, величина тока в общей части обмоток равна разности токов I_1 и I_2 .

Если коэффициент трансформации близок к единице, то I_1 и I_2 мало отличаются друг от друга, разность между ними будет также небольшой. Это позволит выполнять часть обмотки аХ проводом меньшего поперечного сечения.

Мощность, передаваемая первичной обмоткой во вторичную цепь автотрансформатора, будет равна:

$$S = I_2 U_2 \quad (2)$$

Учитывая, что $I_2 = I_1 + I_{12}$, ее можно записать в виде:

$$S = U_2 (I_1 + I_{12}) = U_2 I_1 + U_2 I_{12} = S_э + S_M \quad (3)$$

Здесь $U_2 I_1 = S_э$, есть мощность, поступающая во вторичную цепь электрическим путем,

$U_2 I_{12} = S_M$ - мощность, поступающая во вторичную цепь посредством магнитного потока.

Следовательно, в автотрансформаторе посредством магнитного потока передается только часть мощности, что дает возможность уменьшить поперечное сечение магнитопровода. Магнитные потери при этом также уменьшаются.

При меньшем поперечном сечении магнитопровода уменьшается средняя длина витка обмотки, следовательно, вновь уменьшается расход обмоточной меди и снижаются электрические потери.

Таким образом, автотрансформатор имеет преимущества перед трансформаторами, заключающиеся в меньшем весе, меньших размерах более высоком К.П.Д., меньшей стоимости и. т.д.

Однако эти достоинства имеют значение лишь при коэффициенте трансформации $k \leq 2$

При большем коэффициенте трансформации имеют место следующие недостатки:

- большие токи короткого замыкания в случае понижающего автотрансформатора (при замыкании точек а и Х напряжение u_1 окажется на небольшой части витков автотрансформатора, обладающих малым сопротивлением короткого замыкания);

- электрическая связь стороны обмотки высшего напряжения (В.Н.) со стороной обмотки низшего напряжения (Н.Н), требующая усиления изоляции между обмотками и корпусом и возникающая опасность попадания В.Н. на сторону Н.Н.

Автотрансформаторы могут быть повышающими и понижающими, однофазными и трехфазными. Автотрансформаторы применяются в высоковольтных линиях электропередач для пуска асинхронных и синхронных двигателей в лабораторной практике и при испытаниях.

Регулировка напряжения осуществляется как переключателями, изменяющими вводимое число витков во вторичной цепи, так и посредством скользящего контакта, перемещающегося непосредственно по виткам обмотки.

1.2.6 Измерительные трансформаторы тока и напряжения

Эти трансформаторы, показанные на рисунке 8, применяются совместно с измерительными приборами для расширения их пределов измерения.

Измерительный трансформатор напряжения представляет собой понижающий трансформатор с таким отношением витков w_1/w_2 , чтобы при $U_1 = U_{\text{сети}}$; $U_2 = 100 \text{ В}$.

Во вторичную цепь включаются вольтметры, частотомеры, обмотки напряжения ваттметров, счетчиков и фазометров. Так как электрическое сопротивление этих приборов велико (порядка 1000 Ом), то трансформаторы напряжения работают в режиме, близком к холостому ходу. Такой режим связан с большими магнитными потерями, а это, в свою очередь, приводит к увеличению размеров магнитопровода и устройству специального масляного охлаждения.

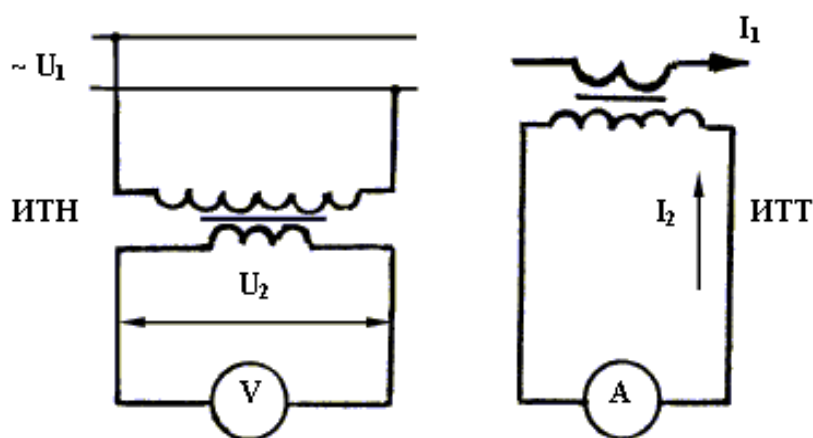


Рисунок 8 Измерительные трансформаторы напряжения и тока

Измерительные трансформаторы тока, показанные на рисунке 8, применяются для включения в сеть амперметров, обмоток тока ваттметров, счетчиков и фазометров.

Первичная обмотка трансформатора тока выполняется из провода большого поперечного сечения и включается в цепь последовательно. Вторичная обмотка выполняется всегда на ток $I_2 = 5 \text{ А}$. Рабочий режим трансформатора тока близок к короткому замыканию, поэтому размеры магнитопровода у него значительно меньше, чем у трансформатора напряжения.

Для определения напряжения или тока в цепи необходимо показания приборов умножить на коэффициент трансформации измерительных трансформаторов.

В целях безопасности нельзя оставлять вторичную обмотку трансформатора тока разомкнутой, если первичная включена в сеть. В этом режиме напряжение U_2 возрастает до нескольких тысяч вольт.

Разновидностью измерительного трансформатора тока являются токоизмерительные клещи с разъемным магнитопроводом, где роль первичной обмотки выполняет сам провод, по которому течет измеряемый ток.

1.2.7 Трансформатор для преобразования числа фаз

Для питания различных выпрямителей или для электропечей возникает необходимость в увеличении числа фазных обмоток трансформатора. Так, трехфазная система сети с помощью специального трансформатора может быть преобразована в шестифазную или двенадцатифазную. На рисунке 9,а приведена схема шестифазного преобразователя.

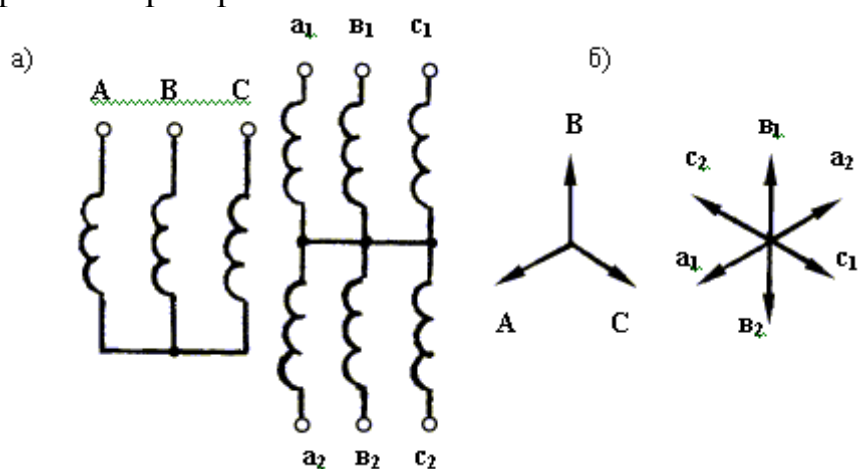


Рисунок 9 – Преобразователь числа фаз

Первичная обмотка такого преобразователя соединена "звездой", а вторичная - "двойной звездой". Векторная диаграмма вторичной обмотки преобразователя представляет собой шестилучевую звезду, показанную на рисунке 9, б.

1.2.8 Стабилизатор напряжения

Для стабилизации напряжения в устройствах небольшой мощности (до 5 кВт) применяются электромагнитные стабилизаторы:

- 1) ферромагнитные насыщенного типа (без емкости), в которых используются явления, основанные на насыщении ферромагнитного сердечника;
- 2) феррорезонансные (с емкостью), работа которых основана на резонансе токов и напряжений.

Рассмотрим работу феррорезонансного стабилизатора. Он состоит из реактивной катушки 1, сердечник которой при заданном диапазоне напряжений U_1 работает в состоянии магнитного насыщения, конденсатора C и автотрансформатора 2, магнитопровод которого не насыщен. Схема стабилизатора представлена на рисунке 10. Обмотка автотрансформатора включена таким образом, чтобы напряжение на выходе стабилизатора U_2 было равно разности

$$U_2 = U_2' - U_2'', \quad (4)$$

где U_2'' - напряжение на выходе автотрансформатора;

U_2' - напряжение на выходах реактивной катушки.

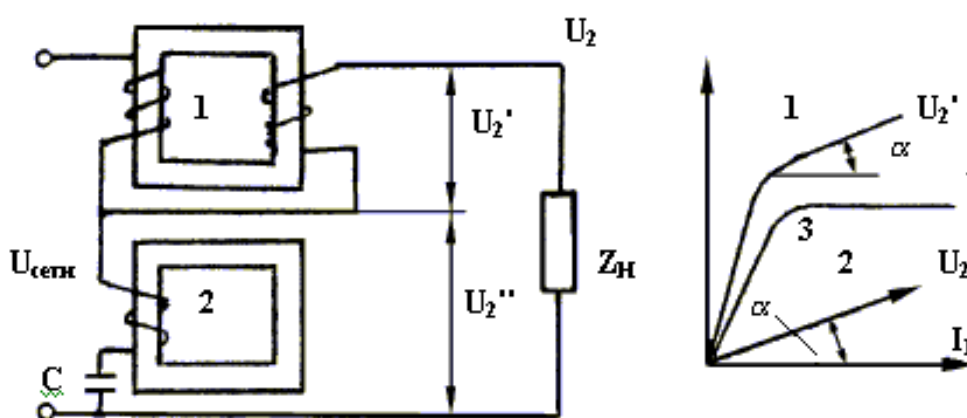


Рисунок 10 – Стабилизатор напряжения

Напряжение U_2' благодаря явлению феррорезонанса имеет резко нелинейную зависимость от тока I_1 , кривая 1. Напряжение на выходе автотрансформатора U_2'' в виду насыщенного состояния его магнитопровода пропорционально току I_1 , кривая 2.

Если параметры автотрансформатора и реактивной катушки подобраны таким образом, что наклон кривой 1 к оси абсцисс в области магнитного насыщения равен наклону кривой 2, то разность $U_2' - U_2'' = \text{const}$.

В этом случае напряжение на выходе не зависит от тока I_1 , кривая 3 и, следовательно, от напряжения U_1 .

1.3 Принцип действия и конструкции трансформатора

Простейший трансформатор состоит из магнитопровода и двух расположенных на нем обмоток, как показано на рисунке 11. Обмотки электрически не связаны друг с другом. Одна из обмоток - первичная, подключена к источнику переменного тока. К другой обмотке - вторичной подключают потребитель.

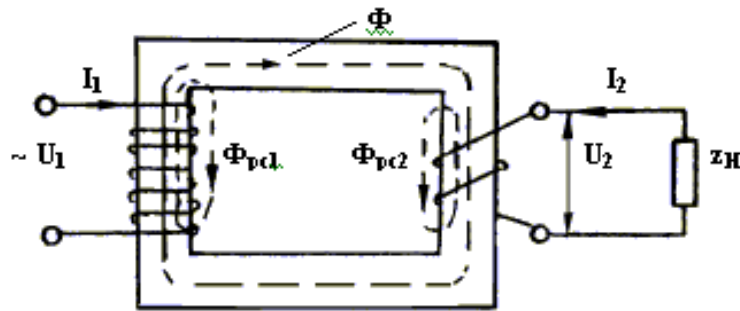


Рисунок 11 - Простейший трансформатор

Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. При подключении первичной обмотки к источнику переменного тока в витках этой обмотки протекает переменный ток I_1 , который создает в магнитопроводе переменный магнитопоток Φ . Замыкаясь в магнитопроводе, этот поток пронизывает обе обмотки, индуцируя в них ЭДС:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad (5)$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (6)$$

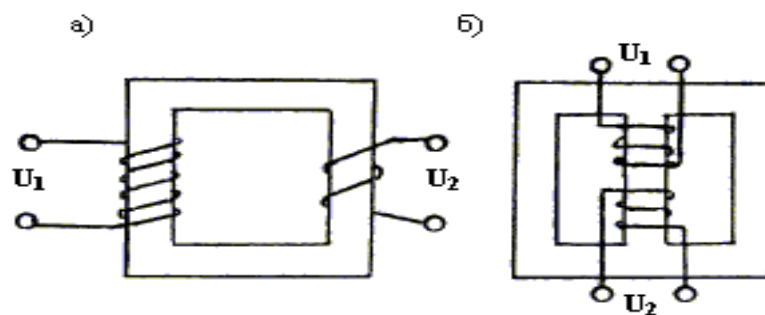
Из этих формул следует, что вычисленные ЭДС e_1 и e_2 могут отличаться друг от друга числами витков в обмотках. Применяя обмотки с различным соотношением витков, можно изготовить трансформатор на любое отношение напряжений.

При подключении ко вторичной обмотке нагрузки Z_H в цепи потечет ток I_2 и на выводах вторичной обмотки установится напряжение U_2 . Обмотка трансформатора, подключенная к сети с более высоким напряжением, называется обмоткой высшего напряжения (ВН); обмотка, присоединенная к сети меньшего напряжения, называется обмоткой низшего напряжения (НН). Трансформаторы - обратимые аппараты, т.е. могут работать как повышающими, так и понижающими.

Основными частями трансформатора являются его магнитопровод и обмотки. Магнитопровод выполняется из тонких листов электротехнической стали. Перед сборкой листы изолируются друг от друга лаком или окалиной. Это дает возможность в значительной мере ослабить в нем вихревые токи и уменьшить потери на перемагничивание.

Трансформаторы бывают стержневыми и броневыми, как показано на рисунке 12. Наиболее широкое распространение получили стержневые трансформаторы.

Трансформаторы броневое типа имеют разветвленный магнитопровод с одним стержнем и ярами, частично прикрывающими (бронирующими) обмотки.



а- стержневой; б- броневой

Рисунок 12 – Конструкция магнитопроводов

В трехфазном трансформаторе применяют трехстержневой магнитопровод, который похож на броневой, но обмотки на нем расположены на всех трех стержнях.

По способу сочленения стержней с ярами, как показано на рисунке 13, различают шихтованные магнитопроводы и стыковые. В работе удобнее шихтованные магнитопроводы, т.к. воздушный зазор в местах сочленения у них меньше и они прочнее.

Форма поперечного сечения стержней зависит от мощности трансформатора: в небольших - это прямоугольник, а в средних и крупных - ступенчатое сечение.

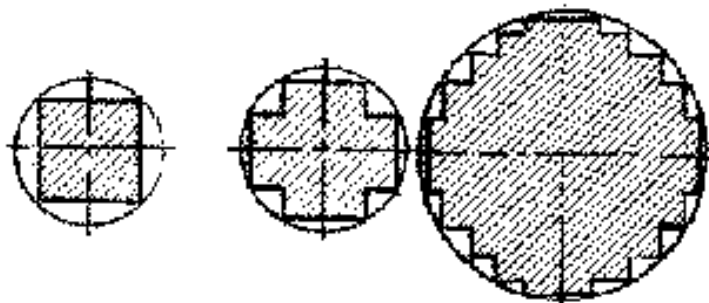


Рисунок 13 – Формы поперечного сечения стержней

Обмотки трансформаторов выполняют из медных проводов круглого и прямоугольного сечения, изолированных хлопчатобумажной пряжей или кабельной бумагой.

По взаимному расположению обмоток ВН и НН и по способу их размещения на стержнях различают обмотки концентрические и дисковые, показанные на рисунке 14.

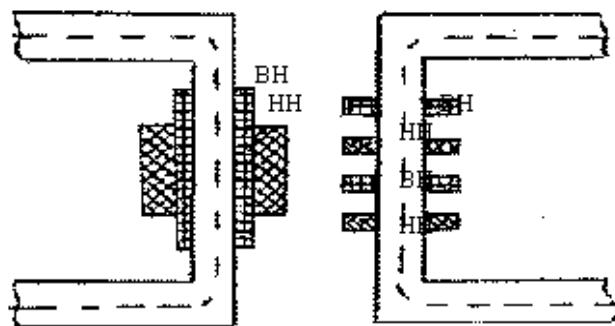


Рисунок 14 – Способы расположения обмоток на стержнях

В масляных трансформаторах магнитопровод с обмотками помещается в бак, заполненный маслом, которое отбирает от них тепло, передавая его стенкам бака. Кроме того, электрическая прочность масла выше, чем у воздуха, что обеспечивает более надежную работу высоковольтных трансформаторов.

Для увеличения охлаждающей поверхности применяются трубчатые баки. При нагревании масло расширяется. Излишек его попадает из общего бака в бак-расширитель, установленный на крышке трансформатора. Для предотвращения аварии у трансформаторов напряжением 1000 кВ и выше на расширителе устраивают выхлопную трубу, закрытую мембраной - стеклянной пластиной. При образовании в баке большого количества газов мембрана выдавливается и газы выходят наружу.

1.4 Потери и коэффициент полезного действия

В работающем трансформаторе всегда имеются как магнитные, так и электрические потери. Магнитные потери состоят из потерь на вихревые токи и гистерезис.

$$P_c = P_r + P_{\text{гх}} = P_{\text{он}} \quad (7)$$

Величина этих потерь зависит от напряжения U_1 и магнитной индукции B . Можно считать, что при $U_1 = \text{const}$, $P_{\text{он}} = B^2$. Они не зависят от нагрузки, т.е. являются постоянными. Электрические потери в обмотках, наоборот, переменные, т.е.:

$$P_{\text{э}} = P_{\text{э1}} + P_{\text{э2}} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2' = P_{\text{ж}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{кн}}$ - соответствует потерям при коротком замыкании трансформатора.

Если известны потери короткого замыкания при номинальной нагрузке, то электрические потери можно определить по формуле:

$$P_{\text{э}} = \beta^2 P_{\text{ж}}, \quad (9)$$

где - коэффициент загрузки трансформатора.
Общие потери в трансформаторе:

$$\sum P = P_{OH} + \beta^2 P_M \quad (10)$$

КПД представляет собой отношение активной мощности P_2 , отбираемой от трансформатора, к активной мощности P_1 , подводимой к трансформатору:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (11)$$

Мощность P_2 подсчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} P_2 &= m I_2 U_2 \cos \varphi_2, \\ P_2 &= \beta S_H \cos \varphi_2, \end{aligned} \quad (12)$$

где $S_H = m I_{2H} U_{2H}$ - номинальная мощность, кВт.
Мощность

$$P_1 = P_2 + \sum P. \quad (13)$$

тогда КПД трансформатора

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} = 1 - \frac{\sum P}{P_2 + \sum P} \quad (14)$$

или

$$\eta = 1 - \frac{P_{OH} + \beta^2 P_{IH}}{\beta S_H \cos \varphi_2 + P_{OH} + \beta^2 P_{IH}} \quad (15)$$

Как видно из последней формулы, величина К.П.Д. зависит от загрузки трансформатора. Кроме того, К.П.Д. тем больше, чем выше $\cos \varphi_2$. Максимальный КПД соответствует такой нагрузке, при которой магнитные потери равны электрическим потерям:

$$P_{OH} = \beta^2 P_{IH}, \quad (16)$$

Отсюда значение коэффициента загрузки, соответствующее максимальному К.П.Д., равно:

$$\beta' = \sqrt{P_{ок} / P_{из}} \quad (17)$$

Обычно К.П.Д. имеет максимальное значение при $\beta = 0,5 - 0,6$. Тогда $\eta = 0,98 - 0,99$.

1.5 Неисправности трансформаторов и дросселей

При монтаже и демонтаже намоточных узлов и деталей необходимо соблюдать следующие требования: исключение механических повреждений (обрыв обмоток, повреждение изоляции обмоток); строгое соблюдение температурного режима и продолжительности пайки, так как у многих деталей и узлов выводы катушек выполнены обмоточными проводами на контактные панели, каркасы изготовлены из пластмассы; надежное механическое крепление деталей и узлов при их наличии.

К характерным неисправностям намоточных узлов и деталей относятся:

- обрыв в обмотках или обрыв выводов обмоток;
- межвитковое замыкание в обмотках;
- замыкание между обмотками;
- замыкание обмоток на магнитопровод;
- пробой диэлектрика каркаса или контактной панели, изоляции катушек (для высоковольтных обмоток);
- поломка сердечника (особенно подстрочных и регулируемых катушек).

Многие из этих неисправностей можно обнаружить прежде всего при внешнем осмотре: механические повреждения; обугленные (потемневшие) обмотки; искрение в деталях и узлах при включенной аппаратуре; сильный перегрев (учитывать, что многие детали и узлы в нормальном режиме должны быть теплыми, т.е. нагреваются до определенной температуры). Простейшая проверка заключается в измерении сопротивлений обмоток, между обмотками, между обмоткой и магнитопроводом с помощью омметра (например, в составе тестера).

На рисунке 15 показана методика выявления с помощью омметра характерных неисправностей трансформаторов.

На рисунке 15,а показано определение обрыва в первичной обмотке или ее выводов. Если сопротивление между обмоткой и сердечником, показанных на рисунке 15, б, равняется нулю (РА1) или имеет какое-либо значение (РА2), то это означает короткое замыкание обмотки на сердечник или потерю диэлектрических свойств изоляции между сердечником и обмоткой. Определение замыкания обмоток показано на рисунке 15, б.

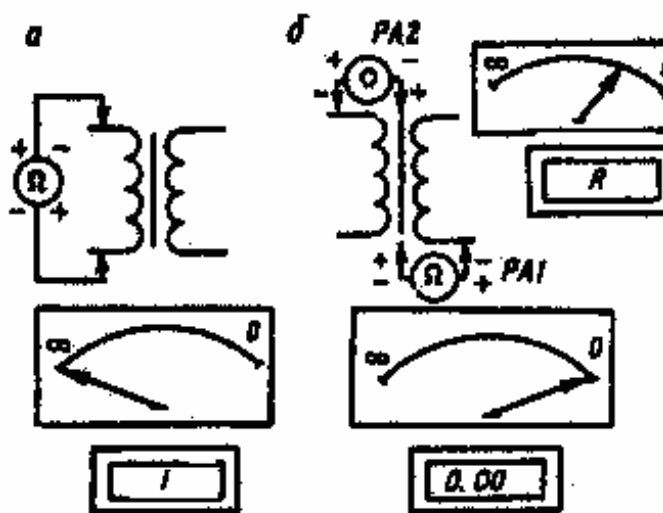


Рисунок 15 - Методика определения с помощью тестера характерных неисправностей трансформаторов

Показания омметра при исправных трансформаторах должны соответствовать рисунку 16.

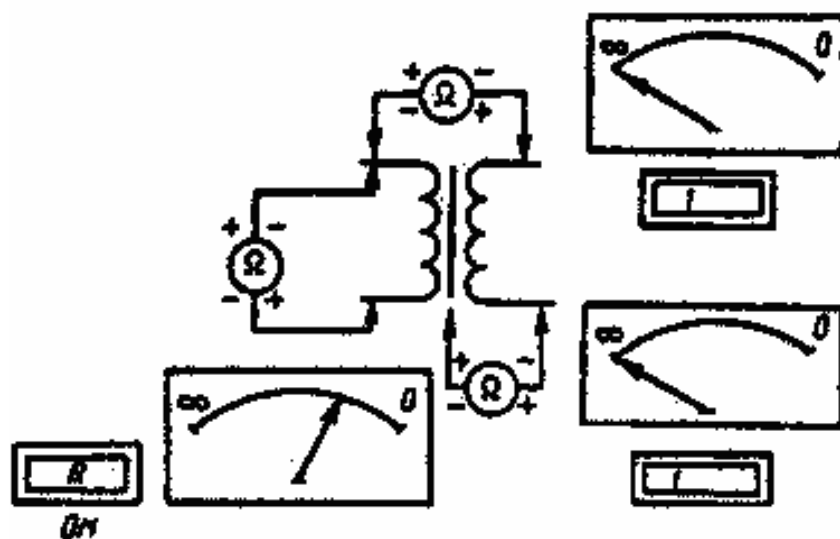


Рисунок 16 - Показания омметра при исправных трансформаторах

С помощью омметра практически невозможно определить межвитковое замыкание. Его устанавливают по чрезмерному нагреванию детали, узла или по специфическим изменениям в работе аппарата.

Проверка на обрыв производится простым способом при помощи омметра. Наличие короткозамкнутого витка омметром определить невозможно, но это можно сделать, собрав простую схему, приведенную на рисунке 17.

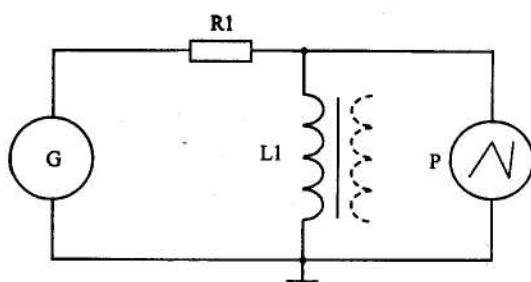


Рисунок 17 - Схема для определения короткозамкнутого витка в трансформаторе

На проверяемую обмотку L_1 от генератора синусоидальных колебаний G через резистор R_1 подают сигнал с частотой 1 кГц. Напряжение на обмотке контролируется визуально с помощью осциллографа P . Наличие дифференцированных импульсов указывает на то, что в обмотке имеется короткозамкнутый виток.

Кроме этого, следует помнить, что существование в обмотке короткозамкнутого витка, как правило, приводит к нагреванию трансформатора

Если сопротивление между обмоткой и сердечником равно нулю или имеет какое-либо значение, то это означает короткое замыкание отмотки на сердечник или потерю диэлектрических свойств изоляции между сердечником и обмоткой.

1.6 Контрольные вопросы

- 1) Укажите назначение и классификацию трансформаторов.
- 2) Назовите область применения силовых, согласующих и импульсных трансформаторов.
- 3) Условные обозначения трансформаторов.
- 4) Укажите отличие силового трансформатора от автотрансформатора.
- 5) Объясните принцип работы трансформатора.
- 6) Назовите типы сердечников трансформаторов.
- 7) Как определить неисправности трансформаторов?

2 Практическая часть работы

Тема работы: Трансформаторы

Цель работы: Изучить классификацию, характеристики, виды трансформаторов, характерные неисправности и методы их устранения

2.1 Оборудование:

- 1) набор трансформаторов разных типов;
- 2) измерительные приборы;

- 3) справочные пособия;
- 4) методические указания.

2.2 Содержание отчёта:

- 1) тема работы;
- 2) цель работы;
- 3) оборудование;
- 4) эскизы трансформаторов;
- 5) ответы на контрольные вопросы.

2.3 Порядок выполнения работы:

- 1) ознакомиться с теоретическим материалом о трансформаторах;
- 2) зарисовать различные виды трансформаторов из набора;
- 3) научиться с помощью измерительных приборов определять неисправности трансформаторов;
- 4) оформить отчет и защитить работу.

Список использованных источников

1 **Хабаров, Б.П.** Техническая диагностика и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры: учебное пособие / Б.П. Хабаров, Г.В. Куликов, А.А. Парамонов, под общей редакцией Г.В. Куликова – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 376 с.: ил

2 **Миссюль, П.И.** Техническое обслуживание и ремонт бытовой радиоаппаратуры / П.И. Миссюль – Минск.: Высшая школа., 2002. – 320 с.: ил.

3 **Ярочкина, Г.В.** Радиоэлектронная аппаратура и приборы. Монтаж и регулировка / Г.В. Ярочкина – М.: Издательский центр «Академия», 2004 – 240 с.: ил.

4 **Гусев, В.Г.** Электроника / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. М.: Высшая школа, 2004 -621с.: ил.

5 **Фрумкин, Г.Д.** Расчет и конструирование радиоаппаратуры / Г.Д. Фрумкин М.: Высшая школа, 2002 -462с.: ил.

6 **Кучумов, А.И.** Электроника и схемотехника: учебное пособие / А.И. Кучумов.- 3-е изд - М.: Гелиос АРВ, 2005 – 366с.: ил.