

Министерство образования и науки Российской Федерации
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)**

Кафедра радиотехнических систем (РТС)

Утверждаю:
Зав. кафедрой РТС
Г.С. Шарыгин
« » _____ 20__ г.

РАДИОМОНТАЖНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

Учебно-методическое пособие для
студентов специальностей:
210304.65 «Радиоэлектронные
системы»,
210403.65 «Защищённые системы
связи»,
090106.65 «Информационная
безопасность телекоммуникационных
систем»

Разработчик:
зав. лаб. каф. РТС

_____ Н.К. Блинковский,
доцент

_____ В.Л. Гулько,
доцент

_____ А.Н. Никифоров

Оглавление

Введение	3
1 Техника безопасности при работе с электричеством	4
2 Рабочее место радиомонтажника	4
3 Пайка монтажных соединений	5
4 Пайка сеточек, демонтаж печатных плат	6
4.1 Пайка сеточек	6
4.2 Демонтаж печатных плат	6
5 Компоненты радиоэлектронных схем	6
5.1 Условные обозначения радиоэлементов на принципиальной схеме	6
5.2 Резисторы. Общие сведения. Характеристики	8
5.3 Конденсаторы. Общие сведения. Характеристики	11
5.4. Катушки индуктивности. Общие сведения. Характеристики	13
5.5 Трансформаторы	14
6 Электроизмерительные приборы	16
6.1. Шкалы электроизмерительных приборов	16
6.2 Приборы магнитоэлектрической системы	18
6.3 Приборы термоэлектрической системы	19
6.4 Приборы электростатической системы	19
7 Выпрямители. Усилители. Генераторы	19
7.1 Выпрямители	19
7.2 Усилители электрических колебаний	23
7.2.1 Классификация усилителей электрических колебаний	23
7.2.2 Обобщенная схема усилительного каскада	24
7.2.3 Усилители на биполярных транзисторах	27
7.2.4 Монтаж и исследование усилителя низкой частоты на биполярном транзисторе	28
8 Изготовление собственных схем	29
8.1 Пайка схем выпрямителей	29
8.2 Усилитель низкой частоты на транзисторе	30
8.3 LC – автогенератор на транзисторе	31
Список литературы	34

Введение

Целью преподавания дисциплины «Радиомонтажные мастерские» является – изучение основных принципов работы, обозначений и маркировок радиокомпонентов и радиодеталей, овладение навыками работы с электромонтажным инструментом, печатными платами, приобретение первичных навыков пайки, изучение правил техники безопасности при выполнении монтажных работ и в получении опыта пайки собственных схем.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать и выполнять требования техники безопасности при работе с паяльником и радиомонтажными инструментами;
- знать требования, предъявляемые к организации рабочего места радиомонтажника и уметь правильно организовать рабочее место;
- обладать первичными навыками пайки;
- знать обозначения радиоэлектронных компонентов на схемах электрических принципиальных;
- знать маркировки и обозначения выводов радиодеталей, уметь их различать и правильно выбирать;
- уметь изготавливать простейшие радиоэлектронные устройства, знать основные принципы их работы и основные характеристики;
- знать основные принципы действия радиоизмерительных приборов, уметь правильно ими пользоваться.

1 Техника безопасности при работе с электричеством

Работа с электричеством опасна тем, что его действие на органы чувств не ощущается до тех пор, пока не произошло соприкосновение с токоведущими проводами или приборами. Действие электрического тока на человека зависит от силы тока, частоты, величины напряжения, продолжительности воздействия и особенностей организма. Чем больше ток, тем больше опасность. Ток 100 мА и больше смертельно опасен для человека. Чем больше напряжение, тем меньше сопротивление кожи и больше ток. Относительно безопасным считается напряжение не выше 40 В. Более высокие напряжения 220 В и 380 В промышленной частоты 50 Гц смертельно опасны.

Токи высокой частоты (десятки кГц и выше) менее опасны, чем токи более низких частот, но могут причинить сильные ожоги.

Степень поражения электрическим током зависит от пути прохождения тока через тело человека. Наиболее опасны пути «рука-нога», «рука-рука», когда часть тока проходит через сердце. Поэтому при настройке аппаратуры и поиске неисправностей следует работать одной рукой, а другую держать за спиной или в кармане.

Меры предосторожности при пайки паяльником.

Помещение, в котором производится пайка, должно быть снабжено общей вентиляцией или местной вытяжкой, защищающей работающих от вредного воздействия паров и газов, которые выделяются при пайке. Особенно опасны пары свинца и олова. При работе с электрическим паяльником нужно соблюдать меры защиты от поражения электрическим током. Ручка паяльника должна быть сухой и не проводить тока. В производственных условиях напряжение питания паяльника должно быть не выше 36 В. При работе с паяльником следует беречь руки от ожогов, особенно при использовании паяльников мощностью более 100 Вт. Следует опасаться разбрызгивания расплавленного припоя. Это может случиться, если паяльник сорвется с какого либо вывода (лепестка), который может спружинить и разбросить частички расплавленного припоя. Нельзя стряхивать припой с жала паяльника. Его следует удалять тряпкой.

2 Рабочее место радиомонтажника

Рабочим местом радиомонтажника является монтажный стол или верстак, оснащённый необходимым оборудованием, приспособлениями и приборами. На столе размещаются все необходимые для текущей работы инструменты, детали, паяльники, а остальные инструменты должны быть разложены в ящиках стола по назначению. Нельзя хранить в одном ящике измерительные, монтажные и слесарные инструменты и материалы. При хранении в «навал» инструменты портятся, и уходит много времени на поиск нужного инструмента.

Паяльники устанавливаются на подставках, на которых так же крепятся коробки для флюса (канифоль) и припоя. Нельзя класть в одну коробку флюс и припой, количество флюса в коробке должно быть 4-5 см³, а припоя ещё меньше – не более 0,5 см³. Стол монтажника должен быть хорошо освещён дневным светом. При искусственном освещении свет должен падать равномерно на рабочую поверхность стола.

В радиомонтажных мастерских предполагается выполнение монтажных работ, для которых кроме паяльника потребуются следующие инструменты: пассатижи, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, пинцеты, ножницы, монтажные или перочинные ножи, отвёртки, гаечные ключи, молотки, напильники, надфили, линейки, струбины, тисочки и некоторые другие. Все инструменты должны быть в исправном состоянии.

3 Пайка монтажных соединений

Пайка – это процесс образования механического и электрического контакта между металлическими поверхностями, способного выдержать значительные механические и электрические нагрузки. В процессе пайки происходят взаимное растворение и диффузия припоя и основного металла, чем обеспечивается после затвердевания припоя определённая механическая прочность паяного соединения. В отличие от сварки при пайке не происходит расплавления основного металла соединяемых деталей, так как температура плавления припоя всегда ниже температуры плавления основного металла. Пайку монтажных соединений производят мягкими припоями с помощью электрических паяльников. Перед пайкой спаиваемые детали лудят, то есть покрывают слоем расплавленного припоя. Место пайки покрывают флюсом, затем с помощью паяльника наносят расплавленный припой. При сборке радиоаппаратуры применяют оловянно-свинцовые припои (ПОС), представляющие собой сплавы олова и свинца с присадкой 0,15-2,5% сурьмы.

Флюсы. Для успешного проведения пайки и получения соединения высокого качества флюс должен равномерным слоем покрывать поверхность основного металла у места пайки, защищая его от окисления в процессе пайки. Температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя. Флюс должен быть жидким и достаточно подвижным при температуре пайки, легко и равномерно растекаться по поверхности основного металла, растворяя его окислы. Приведённым требованиям наиболее полно удовлетворяет канифоль, поэтому она широко применяется в качестве флюса при пайке монтажных соединений.

Перед пайкой необходимо сделать подготовительную работу. Поверхности соединяемых деталей тщательно зачищают, удаляя с них лакокрасочные покрытия, ржавчину, окислы и органические загрязнения. Для зачистки применяют шаберы, напильники, наждачную шкурку.

Для получения качественной пайки необходимо выполнять следующие условия. Стержень паяльника должен быть очищен от нагара, хорошо облужен,

иметь ровную поверхность без раковин и быть нагрет до необходимой температуры. Температурный режим паяльника регулируется подаваемым на него напряжением. Нормальной считается температура, при которой припой плавится быстро, но не скатывается с жала паяльника; канифоль сгорает не мгновенно, а держится на стержне в виде кипящих капелек.

4 Пайка сеточек, демонтаж печатных плат

4.1 Пайка сеточек

Работа выполняется индивидуально каждым студентом или вдвоём. Требуется спаять из проволоки квадратную сеточку размером $10 \times 10 \text{ см}^2$, размер ячейки $1 \times 1 \text{ см}^2$.

Порядок работы:

1. Подсчитать необходимую длину проволоки.
2. Очистить проволоку от эмали при помощи монтажного ножа и наждачной бумаги (шкурки).
3. Залудить проволоку.
4. Нарезать на отрезки необходимой длины.
5. Спаять сеточку, обращая внимание на качество пайки и форму сеточки.
6. Проверить качество пайки на прочность и внешний вид. В местах пайки не должно быть лишнего припоя. Показать преподавателю.

4.2 Демонтаж печатных плат

Работа выполняется вдвоём. Получите от преподавателя печатную плату, на которой смонтирована какая-либо схема, включающая резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, диоды, транзисторы, реле и другие элементы.

Один студент держит плату, поставив её на ребро на стол, и указывает второму какие выводы радиоэлементов со стороны пайки надо нагревать паяльником, чтобы первый мог вынуть их пинцетом из платы. Выпаянные радиоэлементы проверяются на исправность и в дальнейшем используются при изготовлении собственных схем.

5 Компоненты радиоэлектронных схем

5.1 Условные обозначения радиоэлементов на принципиальной схеме приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Условные обозначения радиоэлементов на принципиальной схеме

переменный резистор, включенный как потенциометр		полупроводниковый диод	
переменный резистор, включенный как реостат		стабилитрон	
подстроечный резистор		варикап	
фоторезистор		тиристор	
терморезистор		симистор	
конденсатор постоянной емкости		фотодиод	
конденсатор электролитический полярный		светодиод	
конденсатор подстроечный		биполярный транзистор п-р-п структуры	
конденсатор переменной емкости		биполярный транзистор р-п-р структуры	
катушка без сердечника		полевой транзистор с управляющим р-п переходом с каналом п типа	
катушка с ферромагнитным сердечником		полевой транзистор с управляющим р-п переходом с каналом р типа	
катушка с указанным началом обмотки		полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом п типа	

Таблица 5.1 - Условные обозначения радиоэлементов на принципиальной схеме

полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом р типа		электрическая лампочка	
полевой транзистор с изолированным затвором с индуцированным каналом n типа		гальванический элемент	
полевой транзистор с изолированным затвором с индуцированным каналом р типа		батарея гальванических элементов	
логический элемент 2И-НЕ		цифровой индикатор семисегментный	
логический элемент 2ИЛИ-НЕ		цифровой индикатор неоновый	
логический элемент НЕ		громкоговоритель	
кнопка		телефон	
переключатель		микрофон	
переключатель галетный		плавкий предохранитель	
амперметр		электромагнитное реле	
вольтметр		разъем высокочастотный с коаксиальными кабелями	
омметр		операционный усилитель	

5.2 Резисторы. Общие сведения. Характеристики

Резисторы могут быть постоянными (сопротивление которых нельзя изменить) и переменными (сопротивление которых можно менять от нуля до некоторого максимального значения).

По конструкции различают пленочные, объемные и проволочные резисторы. В зависимости от материала, из которого выполняется токопроводящий (резистивный) элемент, резисторы подразделяются на углеродистые, металлопленочные, металлооксидные, металлодиэлектрические, композиционные и полупроводниковые. Резисторы, выполненные из полупроводниковых материалов, в отличие от остальных, характеризуются нелинейной вольт-амперной характеристикой.

Основной характеристикой резисторов является их номинальное сопротивление - значение сопротивления, которое должен иметь резистор в соответствии с нормативной документацией. Фактическое же значение сопротивления каждого резистора может отличаться от номинального. Выраженное в процентах отклонение фактического значения сопротивления от номинального называется допуском. Оно определяет класс точности резистора:

- 1 класс - отклонение $\pm 5 \%$,
- 2 класс - отклонение $\pm 10 \%$,
- 3 класс - отклонение $\pm 20 \%$.

Следующая важная характеристика резисторов - номинальная мощность рассеяния - максимально допустимая мощность, которая может быть рассеяна (выделена) на резисторе при сохранении его параметров в установленных пределах в течение длительного времени (срока службы). Этот параметр связан с выделением в проводнике теплоты при протекании по нему электрического тока. Количество выделяющейся в проводнике теплоты по закону Джоуля-Ленца прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению резистора и времени протекания тока. Эта теплота рассеивается в окружающую среду. Чем больше площадь поверхности резистора, тем быстрее отводится тепло и тем меньше он нагревается. Если теплоотвод осуществляется плохо, то возможно изменение сопротивления резистора и даже его сгорание.

В зависимости от геометрических размеров резисторы могут иметь мощность рассеяния от 0,01 до 500 Вт. На условных обозначениях мощность рассеяния показывается с помощью горизонтальных, вертикальных и наклонных линий внутри прямоугольника резистора (рисунок 5.1).

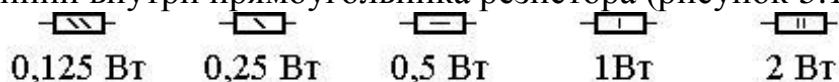


Рисунок 5.1 Температурный коэффициент

сопротивления (ТКС) - это параметр,

характеризующий относительное изменение сопротивления резистора при изменении температуры окружающей среды на 1°C .

Частотные свойства резисторов определяются тем, что кроме активного сопротивления они обладают и реактивным сопротивлением (емкостным и индуктивным), которое зависит от формы и строения резистора. В связи с этим полное сопротивление резисторов зависит от частоты протекающего по ним переменного тока.

К характеристикам резисторов относятся также их электрическая прочность и уровень собственных шумов.

На корпусах резисторов указывается их номинальное сопротивление, класс точности (допустимые отклонения сопротивления от номинального) и тип резистора. Сопротивления до 100 Ом выражаются в омах, вместо запятой десятичной дроби ставится буква R, E или ничего не ставится. Сопротивления от 100 Ом до 100 кОм выражаются в килоомах и вместо запятой десятичной дроби ставится буква K. Сопротивления от 100 кОм до 100 МОм выражаются в мегаомах и вместо запятой десятичной дроби ставится буква M.

Например, 4,7 Ом - 4E7; 47 Ом - 47 E; 4,7 кОм - 4K7; 47 кОм - 47 K; 0,47 МОм - M47; 4,7 МОм - 4M7; 47 МОм - 47 M.

Допустимые отклонения сопротивления от номинального обозначаются буквами (таблица 5.2)

Таблица 5.2 - Допустимые отклонения сопротивления от номинального значения

допуск, %	±0,1	±0,2	±0,5	±1	±2	±5	±10	±20
буква кода	Ж	У	Д	Р	Л	И	С	В

В последнее время все чаще применяют цветовую маркировку постоянных резисторов. Она представляет собой совокупность точек или круговых полос, нанесенных на поверхность резистора. Эти точки и полосы ставятся вместо цифр, обозначающих номинальное сопротивление резистора и допустимое отклонение его сопротивления от номинального. Перед применением цветового кода номинальное сопротивление выражают в омах двумя или тремя цифрами (последняя из которых не должна равняться нулю) и множителем 10^n , где n - любое целое число от -2 до +9.

Маркировочные знаки располагают на резисторе слева направо в следующем порядке:

первый знак - первая цифра в значении сопротивления;

второй знак - вторая цифра;

третий знак - третья цифра (или множитель, если значение номинального сопротивления выражено двумя цифрами);

четвертый знак - множитель (или допускаемое отклонение); пятый знак - допускаемое отклонение.

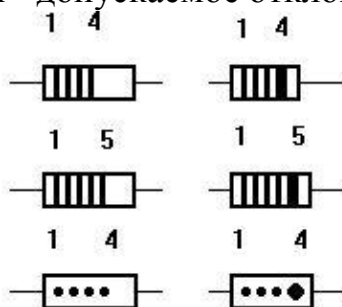


Рисунок 5.2 Приняты следующие цвета маркировочных знаков:

Таблица 5.3 - Цвета маркировочных знаков

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом				Допускаемое отклонение, %
	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Множитель	
Серебристый	-	-	-	10^{-2}	± 10
Золотистый	-	-	-	10^{-1}	± 5
Черный	-	0	-	1	-
Коричневый	1	1	1	10	± 1
Красный	2	2	2	10^2	± 2
Оранжевый	3	3	3	10^3	-
Желтый	4	4	4	10^4	-
Зеленый	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$
Голубой	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$
Фиолетовый	7	7	7	10^7	$\pm 0,1$
Серый	8	8	8	10^8	$\pm 0,05$
Белый	9	9	9	10^9	-

Маркировочные знаки наносят ближе к одному из торцов резистора. Первым считается знак, расположенный рядом с торцом. Если длина резистора не позволяет сдвинуть маркировку к одному из концов, то последний знак делают в 1,5 раза крупнее остальных (рисунок 5.2).

Переменные резисторы характеризуются следующими основными величинами сопротивления:

полное сопротивление - сопротивление между крайними выводами резистивного элемента;

установленное сопротивление - сопротивление между одним из крайних выводов резистивного элемента и выводом подвижного контакта.

Функциональная характеристика переменного резистора определяет зависимость его установленного сопротивления от положения подвижного контакта. По характеру функциональной зависимости переменные резисторы разделяются на линейные (типа А) и нелинейные (логарифмические (Б), обратно - логарифмические (В) и др.).

Для определения среднего вывода переменного резистора нужно омметр подключать поочередно к двум различным выводам и наблюдать изменение сопротивления при вращении оси резистора. Необходимо найти два таких вывода, сопротивление между которыми не изменяется при вращении оси резистора. Тогда третий вывод будет средним.

5.3 Конденсаторы. Общие сведения. Характеристики

Электрический конденсатор представляет собой систему из двух проводников электрического тока (обкладок), разделенных диэлектриком. Основной характеристикой конденсатора является его электрическая емкость,

или просто емкость, которая характеризует способность конденсатора накапливать электрический заряд. Емкость конденсатора определяется отношением накапливаемого на одной из обкладок электрического заряда к приложенному напряжению: $C=q/U$. Она зависит от материала диэлектрика, формы и взаимного расположения обкладок.

В цепях постоянного тока конденсатор не проводит электрический ток, поскольку между его обкладками находится диэлектрик. В цепях переменного тока с конденсатором протекают токи его перезарядки. Емкостное сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте переменного тока и емкости, измеряется оно в омах.

Существуют конденсаторы постоянные (емкость которых нельзя изменить), полупеременные (подстроечные) и переменные. По роду диэлектрика выделяют бумажные, металлобумажные, пленочные, металlopленочные, слюдяные, керамические, стеклоэмалевые и воздушные конденсаторы.

Особый тип конденсаторов - электролитические. В них в качестве диэлектрика используется слой оксида, образованный на металле, выступающем одной из обкладок конденсатора. Второй обкладкой является жидкий или пастообразный электролит. Электролитические конденсаторы обладают малыми размерами, большой емкостью, но и большими потерями энергии. При включении электролитических конденсаторов в цепь необходимо соблюдать полярность!

Номинальная емкость конденсатора - это емкость, которую он должен иметь в соответствии с нормативной документацией. Отличие фактической емкости конденсатора от номинальной не может быть больше допустимой. Как и для резисторов номинальные емкости конденсаторов с допустимыми отклонениями $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ выбираются из рядов умножением соответствующих чисел на 10^n где n - любое целое число.

Номинальное рабочее напряжение - это максимальное напряжение, при котором конденсатор может надежно работать в течение минимальной наработки в условиях, указанных в технической документации.

Температурный коэффициент емкости - параметр, характеризующий относительное изменение емкости при изменении температуры окружающей среды на 1°C .

При прохождении электрического тока в конденсаторе возникают потери энергии, обусловленные проводимостью диэлектрика, нагревом металлических элементов, контактов в местах соединений и др. Мощность потерь в конденсаторе прямо пропорциональна его реактивной мощности ($P_p = U^2 \omega C$) и тангенсу угла потерь $\text{tg}\delta$. Величина, обратная $\text{tg}\delta$, называется добротностью конденсатора. Чем больше добротность конденсатора, тем меньше потери энергии в нем (при прочих равных условиях).

Для учета потерь реальный конденсатор представляют последовательной (рисунок 5.3 а) или параллельной (рисунок 5.3 б) схемой замещения.

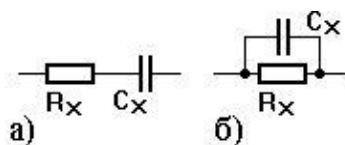


Рисунок 5.3 Последовательная схема

применяется при незначительных потерях в

диэлектрике; при больших потерях в диэлектрике применяют параллельную схему замещения. Чаще всего пользуются именно параллельной схемой замещения. В этом случае тангенс угла потерь равен отношению активной составляющей тока к реактивной (или активной проводимости к реактивной).

На корпусах конденсаторов достаточно большого размера обозначается тип, номинальная емкость, максимальное рабочее напряжение и допустимое отклонение емкости от номинального значения.

Емкости до 100 пФ выражаются в пикофарадах и обозначаются буквой П (р); емкости от 100 пФ до 0,1 мкФ - в нанофарадах и обозначаются буквой Н (н); емкости выше 0,1 мкФ - в микрофарадах и обозначаются буквой М (μ). Как и для резисторов буквы ставятся вместо запятой десятичной дроби, которая выражает значение емкости. Если емкость выражена целым числом, то буква ставится после него; если емкость конденсатора меньше единицы, то буква ставится вместо нуля и запятой перед цифрами.

Допустимые отклонения емкости от номинального значения указаны такими же буквами, как и для резисторов.

5.4. Катушки индуктивности. Общие сведения. Характеристики

Вам известно, что проводник, намотанный на сердечник в виде катушки, в цепях переменного тока обладает индуктивным сопротивлением, которое зависит от частоты тока и геометрических характеристик проводника. Индуктивность выражает свойство проводника препятствовать изменению тока в нем, она характеризует количество энергии, запасенное проводником при протекании по нему электрического тока. Индуктивность зависит от формы, размеров, числа витков катушки и материала ее сердечника.

По конструкции выделяют цилиндрические, плоские (спиральные) и тороидальные катушки. Они могут быть одно- и многослойными, с сердечниками и без них, экранированными и нет.

Реальная катушка, кроме индуктивного сопротивления, всегда обладает активным сопротивлением, которое иногда называется сопротивлением потерь.

Поэтому используют схему замещения катушки, чаще всего последовательную. Качество катушек характеризуют добротностью - отношением ее реактивного сопротивления к активному сопротивлению потерь. Температурный коэффициент индуктивности равен относительному изменению индуктивности при изменении температуры окружающей среды на 1°C .

Паразитным параметром, обуславливающим увеличение потерь энергии в катушке, является ее собственная емкость.

5.5 Трансформаторы

Трансформатор - это устройство, служащее для повышения или понижения переменного напряжения без изменения его частоты и практически без потерь мощности. Трансформатор состоит из двух или более катушек, надетых на общий сердечник.

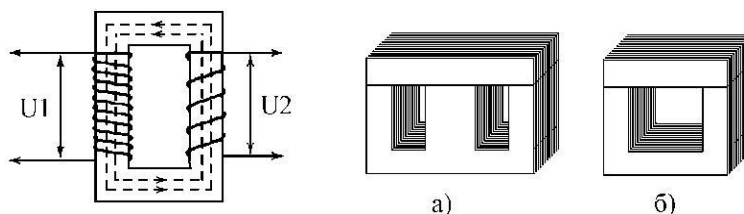


Рисунок 5.4 Катушка, которая подключается к источнику переменного напряжения,

называется первичной, а катушка, к которой присоединяется нагрузка (потребители электрической энергии), - вторичной (рисунок 5.4). Сердечники трансформаторов изготавливаются из электротехнической стали и набираются из отдельных изолированных друг от друга пластин (для уменьшения потерь энергии вследствие возникновения в сердечнике вихревых токов) - рисунок 5.4.

Катушки трансформатора, как правило, содержат разное количество витков, причем большее напряжение оказывается приложено к катушке с большим числом витков. Если трансформатор используется для повышения напряжения, то обмотка с меньшим числом витков подключается к источнику напряжения, а к обмотке с большим числом витков присоединяется нагрузка. Для понижения напряжения все делается наоборот. При этом не следует забывать, что подавать на первичную обмотку можно напряжение не больше номинального (того, на которое она рассчитана).

Коэффициентом трансформации называют отношение числа витков в первичной обмотке к числу витков во вторичной обмотке. Он равен также отношению ЭДС в обмотках.

$$k = \frac{N_1}{N_2}$$

При отсутствии потерь в обмотках коэффициент трансформации равен отношению напряжений на зажимах обмоток: $k=U_1/U_2$.

Для понижающего трансформатора коэффициент трансформации больше 1, а для повышающего - меньше 1.

Принцип работы трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. При протекании переменного тока через первичную катушку вокруг нее возникает переменное магнитное поле и магнитный поток, который пронизывает также и вторую катушку. В результате во вторичной катушке появляется вихревое электрическое поле и на ее зажимах возникает ЭДС индукции.

Трансформатор характеризуется коэффициентом полезного действия, равным отношению мощности, выделяющейся во вторичной цепи

трансформатора, к мощности, потребляемой первичной катушкой от сети. У хороших трансформаторов КПД составляет 99 - 99,5%.

Важным свойством трансформатора является его способность преобразовывать сопротивление нагрузки. Рассмотрим трансформатор с КПД приблизительно равным 100%. В этом случае мощность, выделяющаяся во вторичной цепи трансформатора, будет равна мощности, потребляемой первичной обмоткой от источника напряжения. Для такого трансформатора мощность, потребляемая от источника напряжения, будет чисто активной. Мощность в первичной цепи трансформатора $P_1=(U_1^2)/R_1$, а во вторичной цепи $P_2=(U_2^2)/R_2$.

Так как $P_1=P_2$ и $U_1=kU_2$, то $R_1=k^2R_2$.

Таким образом, нагрузка сопротивлением R_2 , подключаемая к источнику переменного напряжения через трансформатор, по мощности будет эквивалентна нагрузке сопротивлением R_1 , подключаемой без трансформатора. Для регулировки переменного напряжения широко применяются лабораторные автотрансформаторы. Автотрансформаторы рассчитаны на подключение к сети переменного напряжения 220 В или 127 В. Как правило, выходное напряжение автотрансформатора регулируется плавно до 250 В. Принципиальная схема автотрансформатора приведена на рисунке 5.5 а, а его устройство показано на рисунке 5.5 б.



Рисунок 5.5 Обмотка трансформатора

выполнена изолированным проводом в один

слой. На участках обмотки, которых касается подвижный контакт с угольной вставкой, изоляция очищена. При перемещении контакта угольная вставка закорачивает виток провода. Однако вследствие небольшого напряжения на одном витке и заметного сопротивления угольной вставки через замкнутый виток протекает допустимый ток.

Первичная обмотка автотрансформатора является частью его вторичной обмотки и поэтому между первичной и вторичной обмоткой трансформатора имеется гальваническая связь. К вторичной обмотке автотрансформатора нельзя непосредственно подключать потребителей, один из проводов которых может оказаться соединенным с землей. Такое подключение приведет к аварии или несчастному случаю. При работе с автотрансформатором запрещается заземлять вторичную цепь.






6 Электроизмерительные приборы

6.1. Шкалы электроизмерительных приборов

У стрелочных измерительных приборов имеются шкалы, которые могут быть именованными, т.е. градуированными в единицах измеряемых величин, или условными. Условные шкалы применяют в многопредельных приборах. Чтобы узнать численное значение измеряемой величины по прибору с условной шкалой, надо цену деления шкалы умножить на число делений, отсчитанных по этой шкале до того места, где остановилась стрелка. Напомним, что для нахождения цены деления нужно найти разность между значениями ближайших "оцифрованных" делений и разделить на число делений между ними.

Шкалы приборов бывают нулевые и безнулевые. Нулевые шкалы могут быть односторонними (ноль размещен в начале шкалы) или двухсторонними (ноль размещен между начальной и конечной отметками). В зависимости от положения нуля между конечными отметками двухсторонние шкалы бывают симметричными и несимметричными. На безнулевых шкалах конечные отметки соответствуют нижнему и верхнему пределам измерения.

Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой		горизонтальное положение шкалы	
магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом		вертикальное положение шкалы	
электромагнитный прибор		наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту, например 60°	
электродинамический прибор		направление ориентировки прибора в земном магнитном поле	
ферродинамический прибор		класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения	2
индукционный прибор		класс точности при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы	
магнитоиндукционный прибор		измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ	
электростатический прибор		нормальное (номинальное) значение частоты	500 Hz
термоэлектрический прибор с изолированным преобразователем и магнитоэлектрическим измерительным механизмом		измерение постоянного тока	—
выпрямительный прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом		измерение переменного тока	~
защита от внешних магнитных полей		измерение постоянного и переменного тока	
защита от внешних электростатических полей			

По характеру зависимости линейных или угловых расстояний между соседними отметками шкалы от измеряемой величины различают равномерные, неравномерные, степенные, логарифмические и другие шкалы. Для точности измерений предпочтительнее равномерная шкала. Шкала считается равномерной, если отношение наибольшего деления к наименьшему не превышает 1,3 при постоянной цене деления.

Рядом со шкалой на лицевой стороне электроизмерительного прибора указывают необходимые маркировочные признаки: единица измеряемой величины; класс точности; номер ГОСТа, в соответствии с которым прибор изготовлен; род тока и число фаз; система прибора; категория защищенности прибора от влияния внешних магнитных или электрических полей; группа прибора по условиям эксплуатации; рабочее положение прибора; испытательное напряжение прочности электрической изоляции токоведущих частей прибора; положение прибора относительно земного магнитного поля (если это влияет на его показания); номинальная частота тока (если она отличается от 50 Гц); год выпуска; тип (шифр); заводской номер и некоторые

другие данные. В таблице приведены основные условные обозначения маркировочных признаков электроизмерительных приборов.

6.2 Приборы магнитоэлектрической системы

Основную часть приборов магнитоэлектрической системы составляет измеритель (магнитоэлектрический механизм). Угол отклонения стрелки измерителя пропорционален току, который проходит по виткам подвижной рамки, помещённой в сильном поле постоянного магнита. Поэтому измерители имеют равномерную шкалу, высокую чувствительность и мало восприимчивы к внешним магнитным полям. Они выполняются всех классов точности и пригодны для измерения только постоянного тока.

Благодаря высокой чувствительности и точности магнитоэлектрические измерители широко используются для измерения и переменного тока, а также для измерения многих неэлектрических величин, применяя их совместно с полупроводниковыми, электронными, фотоэлектрическими, и электромеханическими или термопреобразователями.

Измерители характеризуются:

Током полного отклонения I_u , вызывающем отклонение стрелки на всю шкалу;

Внутренним сопротивлением R_u , а также напряжением полного отклонения $U_u = I_u R_u$ и потребляемой мощностью $P_u = I_u^2 R_u$.

Измерители имеют следующие данные: $I_u = 10 \text{ мкА} \div 30 \text{ мА}$; $R_u = 10 \text{ Ом} \div 5000 \text{ Ом}$; $U_u = 0,03 \div 0,5 \text{ В}$; $P_u < 3 \text{ мВт}$ и используются в микро- и миллиамперметрах, амперметрах и вольтметрах.

Миллиамперметры и амперметры магнитоэлектрической системы

Для расширения предела измерения измерителя по току до нужного значения $I_n = N I_u$ измеритель включают параллельно шунту сопротивлением

$$R = \frac{R_u}{N-1}.$$

Через этот шунт ответвляется часть измеряемого тока. В зависимости от пределов измеряемого тока измеритель с шунтом называют микроамперметром, миллиамперметром или амперметром.

Вольтметры магнитоэлектрической системы Магнитоэлектрические измерители при непосредственном подключении к

элементам электрической цепи могут быть использованы лишь в качестве милливольтметров постоянного тока с пределом измерения, равным напряжению полного отклонения $U_u = I_u R_u$. Для расширения предела измерения

до значения $U_n = N U_u$ последовательно с измерителем включают добавочное сопротивление $R_d = R_u (N - 1)$.

Измеритель с добавочным сопротивлением называют вольтметром.

Приборы выпрямительной системы, принцип действия

В приборах выпрямительной системы измеряемые переменные токи и напряжения преобразуются с помощью полупроводниковых выпрямителей в постоянный ток, регистрируемый магнитоэлектрическим измерителем. Вследствие недостаточно высокой временной и температурной стабильности параметров выпрямителей и наличия заметной ёмкости между их электродами приборы выпрямительной системы имеют класс точности не выше 1,5 и непригодные для измерения на частотах выше 5-10 кГц.

6.3 Приборы термоэлектрической системы

Для измерения токов в широком диапазоне частот от десятком герц до мегагерц применяются приборы термоэлектрической системы; их действие основано на преобразовании переменного тока в постоянный при помощи термопреобразователя. Последний содержит подогреватель включённый в цепь измеряемого тока и термопару, состоящую из двух разнородных проволочек; Между концами термопары включается чувствительный магнитоэлектрический измеритель.

6.4 Приборы электростатической системы

Электростатические вольтметры применяются для измерения как постоянного так и переменного напряжения до частот порядка 30 - 40 МГц. Они основаны на взаимодействии электрически заряженных механических тел и выполняются со стрелочными или световыми указателями. Приборы со световыми указателями имеют повышенную чувствительность и точность; они дают правильные показания лишь при строго определённом пространственном положении, устанавливаемом по уровню. При транспортировке прибора его подвижную часть закрепляют арретиром.

Градуировка шкалы – в действующих значениях измеряемого напряжения. Шкала неравномерная, начальная её часть до 15-30% для отчёта не используется. Чувствительность низкая: предельное значение шкалы не менее 30 вольт и может достигать десятков киловольт. Приборы подвержены влиянию внешних электростатических полей, для защиты от которых имеют электростатические экраны, заземляемые при работе.

7 Выпрямители. Усилители. Генераторы

7.1 Выпрямители

Из курса физики Вам известно, что выпрямитель представляет собой прибор, преобразующий переменный по величине и направлению ток в ток одного направления. Выпрямители относятся к вторичным источникам электропитания.

Простейший выпрямитель переменного тока состоит из трансформатора и полупроводникового диода (рисунок 7.1 а). Для простоты будем считать трансформатор и диод идеальными, то есть у трансформатора активное сопротивление обмоток равно нулю, прямое сопротивление диода также равно

нулю, а обратное сопротивление диода равно бесконечности (обратным током можно пренебречь).

На вход выпрямителя с вторичной обмотки трансформатора подается синусоидальное напряжение (рисунок 7.1 б). В первый полупериод, когда на верхней (по схеме) точке обмотки положительный потенциал относительно

нижней точки, диод открыт и через нагрузочный резистор протекает ток. Во второй полупериод (полярность напряжения указана в скобках) диод закрыт, и ток в резисторе отсутствует. Таким образом, выходное напряжение (оно снимается с нагрузочного резистора) имеет форму половинок синусоиды (рисунок 7.1 в). Оно называется пульсирующим.

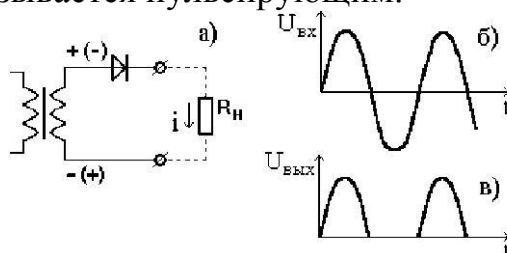


Рисунок 7.1 Рассмотренный выпрямитель

называется однополупериодным, поскольку в

нем используются только половины каждого из периодов сетевого напряжения. Схема однополупериодного выпрямителя в практике применяется очень редко, поскольку получается большой коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения (по сравнению с двухполупериодным выпрямителем при одинаковых сопротивлениях нагрузки).

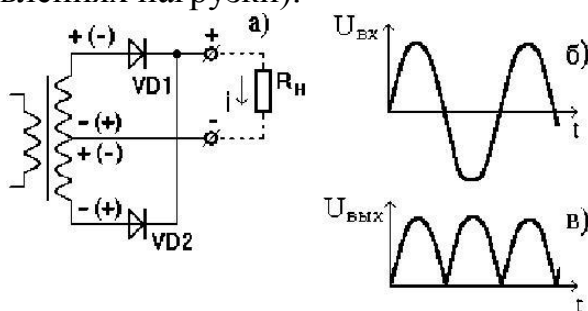


Рисунок 7.2

В практике применяются двухполупериодные выпрямители. Они бывают мостовыми и с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора.

В двухполупериодных выпрямителях используются оба полупериода напряжения сети, поэтому они являются более эффективными, чем однополупериодные.

Рассмотрим работу двухполупериодного выпрямителя с двумя диодами и выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора (рисунок 7.2 а). Его можно рассматривать как совокупность двух однополупериодных выпрямителей, к которым подсоединен один и тот же резистор нагрузки.

Пусть в первый полупериод на верхней (по схеме) точке обмотки трансформатора оказался положительный потенциал относительно нижней точки и, соответственно, относительно средней точки. Тогда ток будет протекать от

верхней точки обмотки через диод VD1 к выводу "+", через резистор нагрузки к выводу " - " и средней точке обмотки. Во второй полупериод на нижней (по схеме) точке обмотки окажется положительный потенциал относительно средней и верхней точки. Ток в этом случае будет протекать от нижней точки обмотки через диод VD2 к выводу "+", через резистор нагрузки к выводу " - " и средней точке вторичной обмотки трансформатора. Таким образом, ток через резистор все время протекает в одном направлении и на выходе получается форма напряжения, изображенная на рисунке 7.2 в.

Недостатком рассмотренного выпрямителя является то, что в каждый из полупериодов напряжение снимается только с половины вторичной обмотки

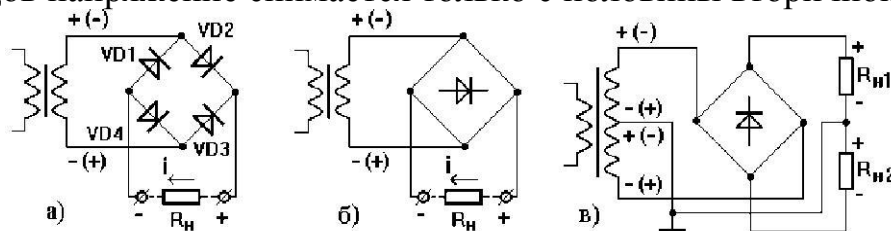


Рисунок 7.3 трансформатора. Более экономичным является двухполупериодный

выпрямитель, собранный на четырех диодах (рисунок 7.3 а). Эта схема называется мостовой, поскольку в ней применен диодный мост. К одной из диагоналей моста присоединяют вторичную обмотку трансформатора, а к другой - нагрузочный резистор. Иногда на схемах диодный мост изображают с помощью одного (рисунок 7.3 б).

В положительный полупериод сетевого напряжения (сверху по схеме на обмотке "+", снизу "-") ток протекает от верхней точки обмотки через диод VD2 к клемме "+", через резистор нагрузки к клемме "-", через диод VD4 к нижней точке обмотки. В отрицательный полупериод сетевого напряжения (полярность показана в скобках) ток протекает от нижней точки обмотки через диод VD3 к клемме "+", через резистор нагрузки к клемме "-", через диод VD1 к верхней точке обмотки. Таким образом, каждая пара диодов работает поочередно и оба полупериода ток через резистор нагрузки имеет одно и то же направление.

Для питания операционных усилителей необходимо иметь два источника питания разной полярности, имеющих общую точку. На рисунке 7.3 в показана схема выпрямителя, обеспечивающего двухполупериодное выпрямление каждого из напряжений на резисторах $R_{н1}$, $R_{н2}$

Выпрямленное напряжение, получаемое на выходе всех рассмотренных типов выпрямителей, является пульсирующим; в нем можно выделить постоянную и переменную составляющие. Постоянная составляющая выпрямленного напряжения - это среднее значение напряжения за период. Коэффициент пульсаций - это отношение амплитуды первой гармоники выпрямленного напряжения к постоянной составляющей выпрямленного напряжения. Для нормальной работы большинства электронных устройств

необходимо, чтобы пульсации напряжения были как можно меньше. Поэтому на выходе выпрямителей достаточно часто устанавливают сглаживающие фильтры, уменьшающие пульсации выпрямленного напряжения.

Основными элементами фильтров служат конденсаторы, катушки индуктивности и транзисторы, сопротивления которых различны для постоянного и переменного токов. В зависимости от используемых элементов различают емкостные, индуктивные и электронные фильтры.

Простейшим емкостным фильтром служит конденсатор, включаемый параллельно резистору нагрузки. Рассмотрим, как изменится выходное напряжение при использовании такого фильтра в однополупериодном выпрямителе (рисунок 7.4 а). В интервал времени t положительного полупериода сетевого напряжения конденсатор через открытый диод заряжается в полярности, указанной на схеме.

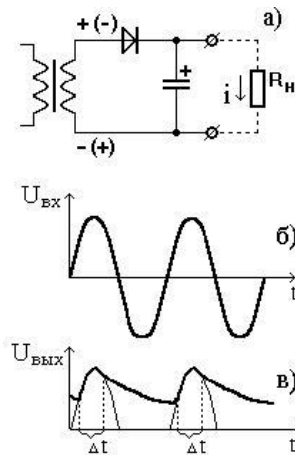


Рисунок 7.4 Когда напряжение на вторичной обмотке трансформатора становится

меньше напряжения, до которого зарядился конденсатор, он начинает разряжаться через нагрузочный резистор. Причем направление разрядного тока совпадает с направлением тока, протекающего в резисторе через открытый диод. В следующий положительный полупериод конденсатор через открытый диод снова заряжается и процессы разрядки повторяются. Тем самым заполняются паузы в токе, протекающем через резистор, и пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются (рисунок 7.4 в).

В выпрямителях применяются емкостно - индуктивные, емкостно - резистивные и электронные фильтры. Простейшие варианты схем таких фильтров приведены на рисунках 7.5 а, б, в соответственно.

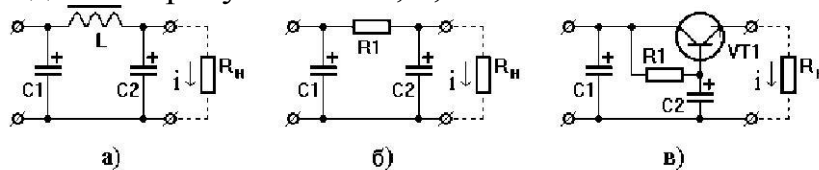


Рисунок 7.5 Емкостно - резистивные фильтры
в настоящее время применяются очень редко и при очень небольших токах нагрузки.

Для получения высоких напряжений обычно используют схемы умножения напряжения. На рисунке 7.6 а приведена схема умножителя напряжения. Умножители напряжения позволяют получить большое значение выпрямленного напряжения при не очень больших обратных напряжениях, приложенных к диодам. Выпрямители по схеме умножения напряжения используют для питания электронно-лучевых трубок осциллографов и телевизоров.

Если в распоряжении пользователя нет полупроводниковых диодов с необходимым обратным напряжением, то диоды можно включать последовательно для повышения допустимого обратного напряжения. Чтобы диоды не вышли из строя из-за разброса их обратных сопротивлений параллельно каждому диоду подключают резисторы сопротивлением 30-100 кОм (рисунок 7.6 б). Сопротивление резисторов должно быть одинаковым и меньше наименьшего из обратных сопротивлений диодов. Тогда к каждому из диодов будут приложены примерно одинаковые обратные напряжения.

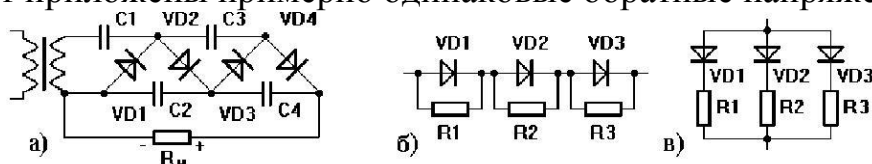


Рисунок 7.6 Если нужно получить прямой ток, больший предельного тока одного

диода, используют параллельное соединение диодов (рисунок 7.6 в). Чтобы диоды не вышли из строя из-за разброса прямых токов (даже у однотипных диодов разброс может составлять десятки процентов) последовательно с диодами включают уравнивательные резисторы сопротивлением десятые доли ома или единицы Ом. Сопротивления резисторов подбирают экспериментально, чтобы токи через диоды были одинаковыми.

7.2 Усилители электрических колебаний

7.2.1 Классификация усилителей электрических колебаний

Усилитель электрических колебаний можно рассматривать как черный ящик с шестью клеммами: 2 клеммы для подключения источника сигнала, 2 клеммы для подключения нагрузки и 2 клеммы для подключения источника питания (рисунок 7.7). Одна из клемм источника сигнала, нагрузки и источника питания соединяется с корпусом усилителя.



Рисунок 7.7 Усилители электрических колебаний могут усиливать колебания по напряжению, по току, по мощности.

Усиление электрических колебаний осуществляется за счет энергии источника постоянного тока. Таким образом, в усилителе происходит преобразование энергии источника постоянного тока в энергию усиливаемого сигнала. Усилители постоянного тока можно рассматривать как усилители электрических колебаний нулевой частоты.

Классификацию усилителей электрических сигналов можно проводить по различным признакам. По виду усиливаемых сигналов усилители подразделяют на усилители гармонических сигналов и усилители импульсных сигналов. По типу используемых в усилителе усилительных элементов усилители подразделяют на магнитные, диэлектрические, ламповые, транзисторные и др. По назначению усилители подразделяют на телевизионные, измерительные, антенные, усилители звуковой частоты и т.д. Усилители электрических колебаний звуковой частоты называют также усилителями низкой частоты. Усилители подразделяют на усилители переменного тока (не усиливающие постоянную составляющую сигнала), и усилители постоянного тока (усиливающие сигналы в полосе частот от нуля до некоторой рабочей частоты).

Под усилителями высокой частоты понимают усилители, усиливающие модулированные сигналы высокой частоты. Под усилителями низкой частоты понимают усилители первичных не преобразованных электрических сигналов. Полоса частот электрических колебаний, усиливаемых такими усилителями, может существенно превышать верхнюю частоту звуковых колебаний, например, видеосигнал в телевизоре.

По виду зависимости коэффициента усиления усилителя от частоты выделяют резонансные, полосовые и широкополосные усилители. В резонансных усилителях усиление в зависимости от частоты изменяется по такому же закону, как и сопротивление параллельного колебательного контура. В полосовых усилителях усиление почти неизменно в определенной полосе частот и резко уменьшается за ее пределами. Резонансные и полосовые усилители называют также избирательными или селективными усилителями. Широкополосные усилители обеспечивают усиление в широкой полосе частот, порядка десятков и сотен мегагерц, например, антенные усилители телевизионных сигналов.

7.2.2 Обобщенная схема усилительного каскада

Обобщенная схема усилительного каскада показана на рисунке 7.8 а. Под действием управляющего напряжения U_{BX} изменяется сопротивление, а, следовательно, и сила тока в выходной цепи усилительного элемента.

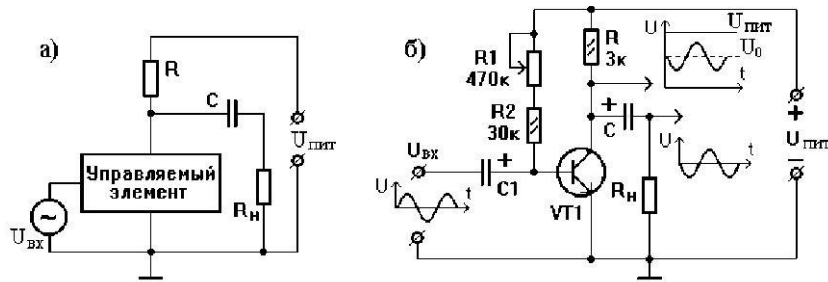


Рисунок 7.8 Обычно ток в выходной цепи элемента изменяется по такому же закону,

как и входное управляющее напряжение. Резистор R и выходные зажимы управляемого элемента образуют резистивный делитель напряжения питания $U_{пит}$. Управляемый элемент обеспечивает преобразование энергии источника постоянного напряжения в энергию переменного напряжения на частоте усиливаемого сигнала. В качестве управляемых элементов используются электронные лампы, биполярные и полевые транзисторы. Управляемые элементы называют также усилительными элементами.

На рисунке 7.8 б показана схема усилителя, в котором роль управляемого элемента выполняет биполярный транзистор $VT1$ вместе с резисторами $R1$, $R2$ и конденсатором $C1$. Резисторы $R1$, $R2$ и конденсатор $C1$ необходимы для задания рабочей точки биполярного транзистора.

Коэффициент усиления напряжения усилителя показывает, во сколько раз переменное напряжение сигнала на выходе усилителя больше вызвавшего его напряжения на входе (при этом надо следить, чтобы коэффициент гармоник не превысил заданного значения):

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

Коэффициент усиления напряжения для усилителей низкой частоты обычно определяют на частоте 400 или 1000 Гц. Для определения коэффициента усиления удобно построить амплитудную характеристику усилителя.

Амплитудная характеристика усилителя - это зависимость выходного напряжения от входного синусоидального напряжения при неизменной частоте. Следует иметь в виду, что выходное напряжение желательно измерять электронным вольтметром, детектор которого реагирует на среднеквадратичное значение напряжения.

Амплитудную характеристику усилителей низкой частоты обычно строят для частоты 1000 Гц. Примерный вид амплитудной характеристики усилителя показан на рисунке 7.9.

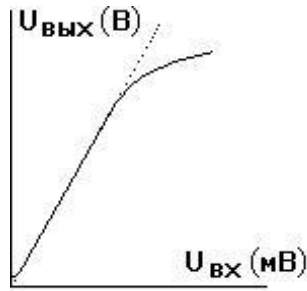


Рисунок 7.9 Пунктиром показана амплитудная характеристика идеального усилителя.

Амплитудная характеристика реального усилителя отличается от прямой линии в области малых и больших уровней входного сигнала. При малых уровнях входного сигнала отклонение амплитудной характеристики от прямой линии обусловлено собственными шумами усилителя, фоном (пульсации питающего напряжения) и наводками, а при больших уровнях - нелинейностью характеристик активных элементов (транзисторов, электронных ламп и т.п.).

Динамический диапазон усилителя - это отношение максимального входного напряжения усилителя к минимальному входному, которое может быть усилено при допустимых искажениях и уровне помех. Обычно динамический диапазон усилителя указывают в децибелах.

$$D = \frac{U_{вх. макс}}{U_{вх. мин}} ; D (дБ) = 20 \lg \frac{U_{вх. макс}}{U_{вх. мин}}$$

Частотная или амплитудно-частотная характеристика усилителя - это зависимость коэффициента усиления K от частоты f (рисунок 7.10). Частоту f по оси X обычно откладывают в логарифмическом масштабе.

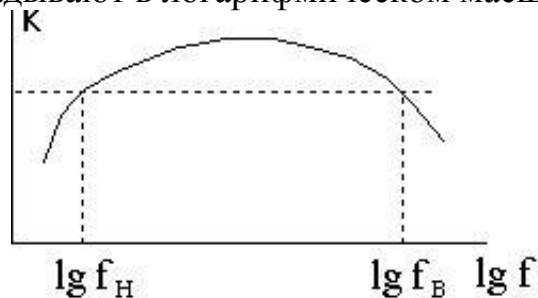


Рисунок 7.10

Иногда частотную характеристику усилителя строят, откладывая по оси Y значения коэффициента частотных искажений M (дБ), а по оси X - десятичный логарифм частоты f . При усилении речи и музыки усилителями среднего класса допускают частотные искажения +3 дБ.

Диапазон усиливаемых усилителем частот или полоса пропускания усилителя - это диапазон частот, в котором коэффициент частотных искажений не превышает заданного значения.

7.2.3 Усилители на биполярных транзисторах

В усилителях на биполярных транзисторах используется три схемы подключения транзистора: с общей базой (рисунки 7.11; 7.14), с общим эмиттером (рисунки 7.12; 7.15), с общим коллектором (рисунки 7.13; 7.16).

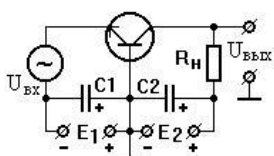


Рисунок 7.11

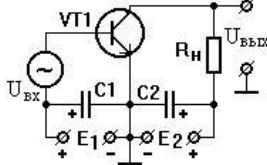


Рисунок 7.12

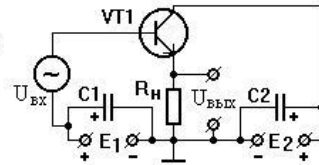


Рисунок 7.13

На рисунках 7.11-7.13 показаны схемы включения транзисторов с питанием входных и выходных цепей от отдельных источников питания, а на рисунках 7.14-7.16 – с питанием входных и выходных цепей транзистора от одного источника постоянного напряжения.

Усилители в схеме включения транзистора с общей базой характеризуются усилением по напряжению, отсутствием усиления по току, малым входным сопротивлением и большим выходным сопротивлением.

Усилители в схеме включения транзистора с общим коллектором характеризуются усилением по току, отсутствием усиления по напряжению, большим входным сопротивлением и малым выходным сопротивлением.

Наибольшее распространение получила схема включения с общим эмиттером. В схеме включения транзистора с общим эмиттером усилитель обеспечивает усиление по напряжению, по току, по мощности. Такой усилитель имеет средние значения входного и выходного сопротивления по сравнению со схемами включения с общей базой и общим коллектором.

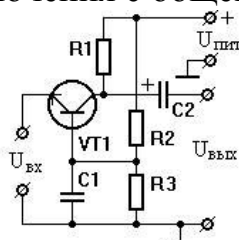


Рисунок 7.14

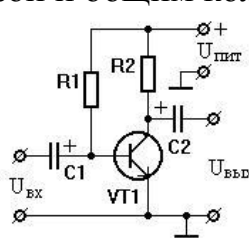


Рисунок 7.15

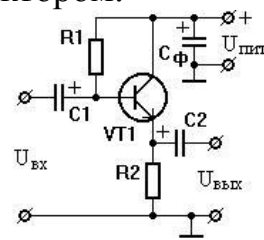


Рисунок 7.16

Сравнительные характеристики усилителей приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Параметр	Схема ОЭ	Схема ОБ	Схема ОК
коэффициент усиления по току	Десятки-сотни	Немного меньше единицы	Десятки-сотни
коэффициент усиления по напряжению	Десятки-сотни	Десятки-сотни	Немного меньше единицы
коэффициент усиления по мощности	Сотни-десятки тысяч	Десятки-сотни	Десятки-сотни
Входное сопротивление	Сотни Ом – единицы килоом	Единицы-десятки Ом	Десятки – сотни килоом

Выходное сопротивление	Единицы – десятки килоом	Сотни килоом – единицы мегаом	Сотни Ом – единицы килоом
------------------------	-----------------------------	----------------------------------	------------------------------

7.2.4 Монтаж и исследование усилителя низкой частоты на биполярном транзисторе

В усилителях на биполярных транзисторах используется три схемы подключения транзистора: с общей базой, с общим эмиттером, с общим коллектором. Наибольшее распространение получила схема включения с общим эмиттером.

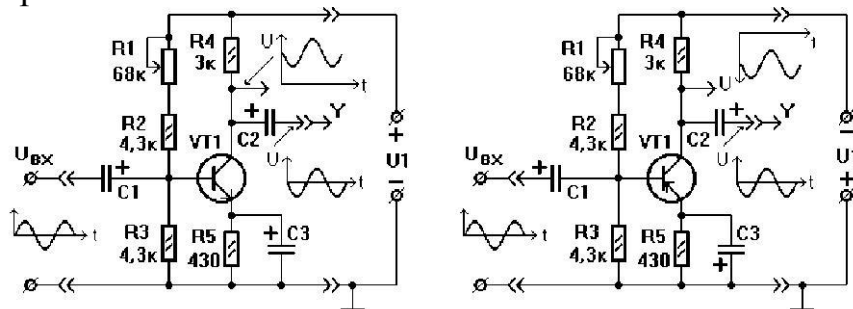


Рисунок 7.17 Рисунок 7.18

Напомним, что входные цепи чувствительного усилителя низкой частоты обязательно выполняются экранированным проводом.

Для исследования работы усилителя по схеме рисунка 7.17 можно собрать усилитель, используя приведенную на рисунке 7.19 монтажную плату.

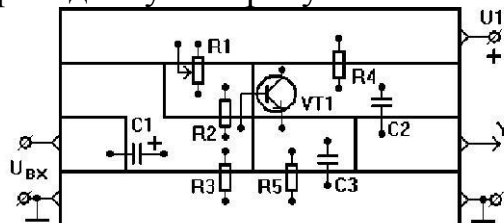


Рисунок 7.19

При монтаже усилителей высокой частоты монтажная плата будет другой, т.к. необходимо уменьшить паразитные емкости монтажа.

При монтаже усилителя необходимо в обязательном порядке соблюдать полярность подключения электролитических конденсаторов. На монтажной схеме показана полярность подключения только одного электролитического конденсатора. Полярность подключения двух других конденсаторов определяется по принципиальной схеме усилителя. Так как на выходе генератора синусоидальных колебаний, который будут использоваться для проверки изготовленного усилителя, нет постоянной составляющей напряжения, то полярность конденсаторов при использовании транзисторов p-n-p типа должна быть такой, как показано на рисунке 7.17, а для транзистора p-n-p типа - на рисунке 7.18.

Так как электролитические конденсаторы обладают индуктивным сопротивлением, то в высококачественных усилителях низкой частоты

параллельно электролитическим конденсаторам ставят керамические конденсаторы небольшой емкости.

8 Изготовление собственных схем

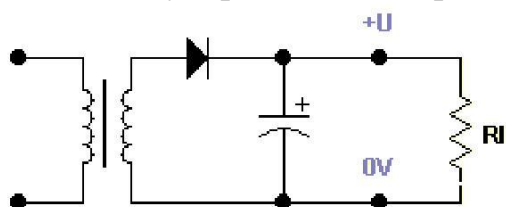
Получив опыт пайки на спаивании сеточек и демонтаже печатных плат, приступаем к изготовлению собственных схем.

Предполагается изготовление нескольких схем в порядке повышения их сложности – выпрямители, усилители НЧ на транзисторе, LC – автогенератор на транзисторе.

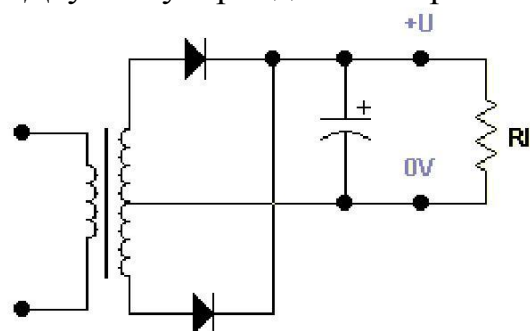
8.1 Пайка схем выпрямителей

Предлагается спаять следующие схемы выпрямителей:

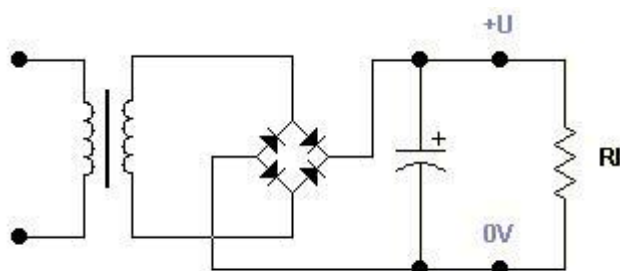
1. Однополупериодный выпрямитель



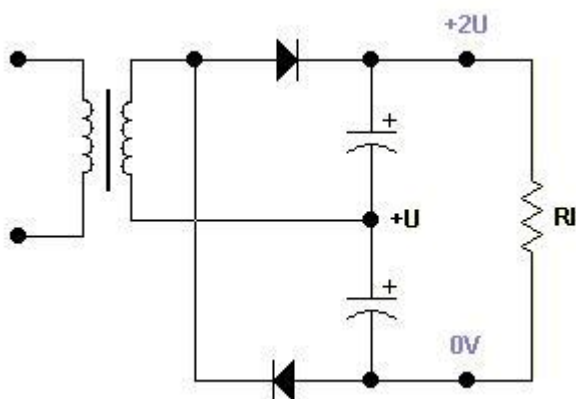
2. Двухполупериодный выпрямитель



3. Мостовая схема



4. Выпрямитель по схеме удвоения напряжения



В качестве источника питания используется силовой трансформатор, первичная обмотка которого подключается к сети 220 В, 50 Гц, а со вторичных обмоток снимаются низкие напряжения не более 12 вольт.

Порядок работы.

- Выбрать схему. Проверить паяльник.
- Собрать комплектующие радиоэлементы.
- Проверить их, облудить выводы.
- Нарисовать схему на куске картона (перфокарте) так, чтобы на ней можно было разместить все детали, подводящие переменное напряжение и отводящие к вольтметру или амперметру провода.
- Прodelать шилом отверстия в перфокарте для выводов радиодеталей и заправить их на обратную сторону перфокарты.
- Загнуть лапки радиодеталей с другой стороны картона и совместить их друг с другом по схеме.
- Спаять схему, измерить тестером её входное сопротивление. Если оно не равно нулю, подключить её через предохранитель к вторичной обмотке трансформатора.
- Включить силовой трансформатор в сеть 220 В, 50 Гц. Если предохранитель сгорел, то это означает, что в схеме есть короткое замыкание, найти неисправность и устранить её.

Когда на конденсаторе появилось постоянное напряжение, его надо измерить вольтметром. При $R_H = \infty$ это будет напряжение холостого хода. Оно должно быть равно амплитудному значению напряжения, которое подаётся на вход выпрямителя. Далее надо снять нагрузочную (или выходную) характеристику выпрямителя, показывающую как изменяются напряжение на выходе выпрямителя и ток, протекающий через сопротивление нагрузки в зависимости от величины этого сопротивления. Ток в нагрузке не должен превышать максимальный ток допустимый для данного диода.

8.2 Усилитель низкой частоты на транзисторе

Схема, которую надо спаять и исследовать приведена на рисунке 8.1

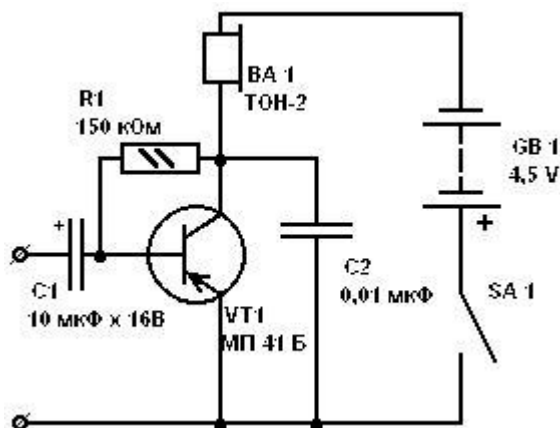


Рисунок 8.1

Комплекующие элементы:

- Транзистор МП 41 Б - VT1.
- Конденсатор электролитический 10 мкФ * 16 В - C1.
- Конденсатор керамический 0,01 мкФ - C2.
- Резистор 150 кОм - R1.
- Наушники ТОН-2 или другие высокоомные - BA1.
- Батарейка 4,5 В - GB1.
- Выключатель любой миниатюрный - SA1.

Наушники ТОН-2 или другие высокоомные - BA1 можно заменить резистором $R = 1 \div 5 \text{ кОм}$. Вместо батарейки можно использовать имеющиеся в лаборатории источники питания.

1. Вырезать подходящий кусок картона.
2. Нарисовать на нем эту схему.
3. Прodelать дырки в картоне под лапки радиодеталей.
4. Залудить лапки радиодеталей.
5. Вставить радиодетали в дырки на картоне.
6. Загнуть лапки радиодеталей с другой стороны картона и совместить их друг с другом по схеме.
7. Спаять лапки вместе.

Проверив спаянную схему УНЧ, нужно собрать установку для снятия амплитудно-частотной (АЧХ) и амплитудной ($U_{\text{вых}} = f(U_{\text{ex}})$) характеристик. На вход УНЧ подсоединить генератор низкой частоты, а на выход осциллограф.

8.3 LC – автогенератор на транзисторе

Автоколебательной системой называется система, в которой возникают незатухающие колебания. На рисунке 8.2 приведена схема LC – автогенератора на транзисторе в которой возникают незатухающие гармонические колебания.

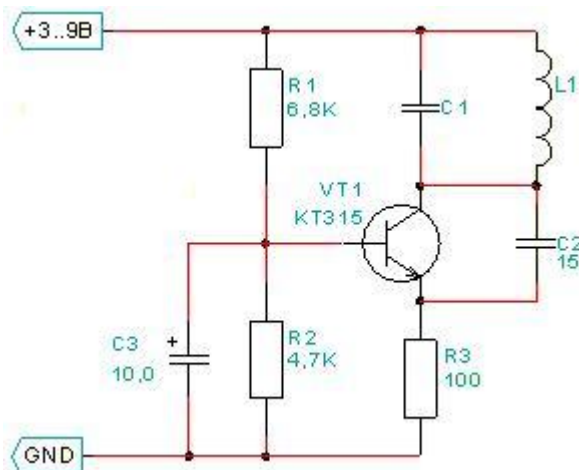


Рисунок 8.2

Транзистор включён по схеме с общей базой, так как по высокой частоте база заземлена конденсатором $C3$. Резисторный делитель напряжения $R1$ - $R2$ создаёт на базе смещение рабочей точки. $R3$ включён в эмиттерную цепь для ограничения тока протекающего через транзистор.

Конденсатор $C1$ и катушка $L1$ образуют частото задающий колебательный контур.

Конденсатор $C2$ обеспечивает положительную обратную связь (ПОС), необходимую для генерации.

Механизм генерации. Упрощенно схему можно представить так (рисунок 8.3):

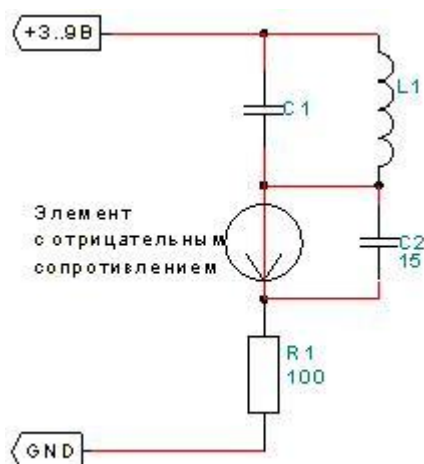


Рисунок 8.3 Вместо транзистора мы ставим

некий «элемент с отрицательным

сопротивлением». По сути – усилительный элемент. То есть, ток на его выходе больше, чем ток на входе.

К входу этого элемента подключен колебательный контур. С выхода элемента на этот же колебательный контур подана обратная связь (через конденсатор $C2$). Таким образом, когда на входе элемента ток увеличивается

(происходит перезарядка контурного конденсатора), увеличивается ток и на выходе. Через обратную связь, он подается обратно на колебательный контур – происходит «подпитка». В результате, в контуре устанавливаются незатухающие колебания.

Разновидности

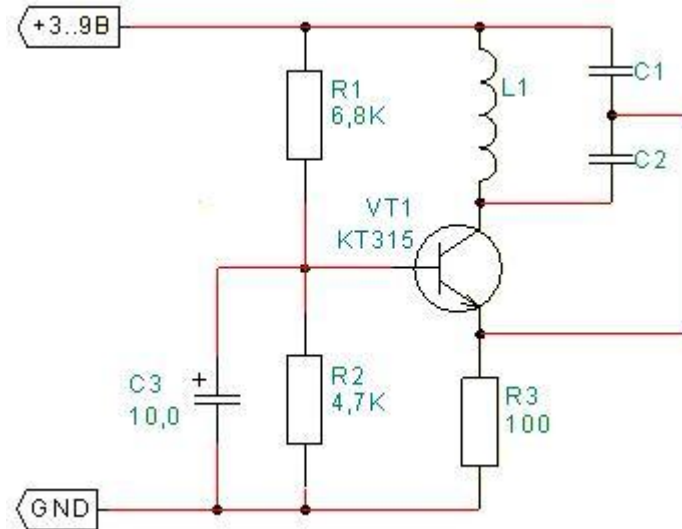


Рисунок 8.4 Схема называется «емкостная трёхточка». Принцип работы – тот же.

Во всех этих схемах сгенерированный сигнал можно снимать либо непосредственно с коллектора VT 1, либо использовать для этого катушку связи, связанную с контурной катушкой.

Индуктивная трехточка.

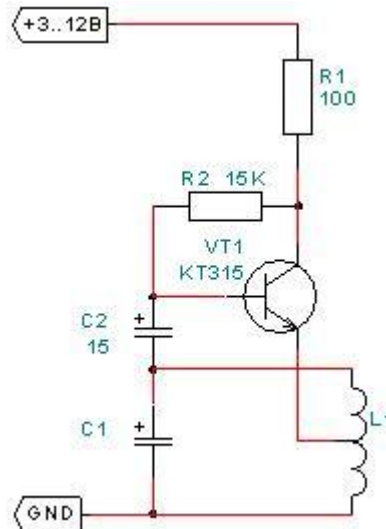


Рисунок 8.5

R1 – ограничивает ток генератора, R2 – задает смещение базы, C1, L1 – колебательный контур, C2 – конденсатор ПОС.

Катушка L1 имеет отвод, к которому подключен эмиттер транзистора. Этот отвод должен быть расположен не ровно посередине, а ближе к «холодному» концу катушки (то есть тому, который соединен с проводом питания).

Список литературы

1. Фигьера Б., Кноэрт Р. Введение в электронику [Электронный ресурс]: Пер. с фр. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 208 с.: ил. – ЭБС «Лань». – URL: <http://e.lanbook.com/view/book/856>
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника [Электронный ресурс]: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2009. – Т.1 – 832 с.: ил. – ЭБС «Лань». – URL: <http://e.lanbook.com/view/book/915>
3. Белевцев А.Т. Монтаж радиоаппаратуры и приборов. / М.: Высшая школа, 1982. – 424 с.
4. В помощь радиолителю: Сборник. Вып. 109/В80 Сост. И. Н. Алексеева. – М.: Патриот, 1991. – 80 с.
5. Иноземцев В.А., Иноземцева С.В. Введение в электронику – Брянск: Издательство БГПУ, 2001. – 150 с.
6. Никулин Н. В., Назаров А. С. Радиоматериалы и радиокомпоненты: Учеб. пособ. для сред. ПТУ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 128 с.
7. Справочник по полупроводниковым приборам и их аналогам / Под. ред. А.М. Пыжевского, М.: Роби, 1992.-316 с.
8. Трейстер Р., Мейо Дж. 44 источника электропитания для любительских электронных устройств: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 288 с.
9. Фролов В.В. Язык радиосхем. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1988. - 128 с. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1114).