Министерство общего и профессионального образования

Российской Федерации

РЯЗАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

КАФЕДРА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Пояснительная записка

к курсовой работе

по теме:

"Приёмник радиовещательный переносной"

Выполнил: *студент группы 615*

*Лоцманов А.А.*

Проверил: *Салтыков Е.Н.*

Рязань 2000

Содержание

Введение

1. Структурная схема приёмника

2. Проектирование структурной схемы линейного тракта приёмника

2.1 Расчёт необходимой полосы пропускания

2.2 Распределение усиления по каскадам

2.3 Проверка возможности осуществления регулировок

2.4 Расчёт допустимого и реального коэффициента шума и чувствительности ПРМ

3. Расчёт входной цепи

4. Расчёт УРЧ

5. Расчёт преобразователя частоты

6. Микросхемная реализация ПРМ

Заключение

Список литературы

# Введение

Бытовые радиовещательные приёмники (в дальнейшем ПРМ) предназначены для приёма программ звукового радиовещания в диапазонах длинных (148 … 285*кГц*), средних (525 … 1607*кГц*), коротких (3,95 … 12,1*МГц*) волн с амплитудной модуляцией (АМ) и в диапазоне ультракоротких волн (65,8 … 74; 100 … 108*МГц*) с частотной модуляцией (ЧМ), в том числе приёма стереофонических передач.

Технический (инженерный) расчёт ПРМ выполняется для того, чтобы на основе требуемых (заданных) характеристик на ПРМ получить:

1. обоснованный и наиболее оптимальный вариант структурной схемы с выбором электронных приборов, схем и основных характеристик каждого каскада;
2. характеристики и параметры всех элементов каждого каскада ПРМ, включая выбор оптимального режима работы электронного прибора;
3. принципиальную схему приёмника и спецификацию к ней.

Основными узлами и блоками ПРМ являются: приёмная антенна, ряд различных усилителей (УВЧ) и преобразователей высокой частоты, детектор, усилитель звуковой частоты (УЗЧ) и оконечное устройство, а так же используются системы автоматической подстройки частоты (АПЧ) и усиления (АРУ).

Классификация ПРМ проводится по ряду признаков: тип структурной схемы, вид используемых активных элементов, тип конструкции и т.д.

Структурная схема ПРМ в значительной степени определяется его назначением и видом модуляции сигнала. По виду структурных схем все существующие ПРМ можно поделить на: детекторные ПРМ без УЗЧ и с УЗЧ, приёмники прямого усиления, регенеративные и сверхрегенеративные ПРМ, синхронные, ПРМ с прямым преобразованием частоты и супергетеродинные ПРМ с одним и более преобразованиями частоты.

приемник радиовещательный переносной усиление

Современные ПРМ в большинстве случаев строят по супергетеродинной схеме, т.к. данная схема обладает существенными преимуществами (высокая чувствительность и селективность) перед ПРМ других типов. Поэтому проектируемый ПРМ будет строиться именно по этой схеме.

# 1. Структурная схема приёмника

Как отмечалось ранее, структурная схема проектируемого ПРМ будет гетеродинной. В добавлении к этому следует учесть, что данный ПРМ принимает и обрабатывает сигналы с АМ, поэтому в его структуру следует включить систему АРУ. А так же для улучшения чувствительности, путём уменьшения полосы пропускания ПРМ, введём систему АПЧ.

Таким образом, структурная схема всего ПРМ будет иметь вид, приведённый на рис.1.

Рис.1. Структурная схема супергетеродинного приёмника.

|  |
| --- |
| Условные обозначения:  |
| ВЦ - входная цепь;  | Г - перестраиваемый гетеродин;  |
| УРЧ, УПЧ, УЗЧ - усилители резонансной, промежуточной и звуковой частоты соответственно;  | ФАПЧ, ФАРУ - фильтры соответствующих систем автоматики;  |
| ОУ - оконечное устройство (динамическая головка);  | УЭ - управляемый элемент (варикап);  |
| АД, ЧД - амплитудный и частотный детекторы;  | СМ - преобразователь частоты (смеситель);  |
| ДАРУ - амплитудный детектор системы АРУ;  | А - антенна.  |

# 2. Проектирование структурной схемы линейного тракта приёмника

Строгое выполнение блок-схемы ПРМ без детального расчёта отдельных каскадов затруднительно, особенно для высокочастотных диапазонов волн. Поэтому в некоторых случаях уже при расчёте структурной схемы может потребоваться конкретизация активных элементов ПРМ, схем их включения и др.

###

# 2.1 Расчёт необходимой полосы пропускания

Полоса пропускания линейного тракта ПРМ, форма основных характеристик (АЧХ, ФЧХ) в пределах полосы частот принимаемого сигнала должны удовлетворять требованиям допустимых искажений. Необходимая полоса пропускания (ПП) определяется реальной шириной спектра принимаемого сигнала ; доплеровским смещением частоты сигнала, которое в данном случае можно положить равном нулю, т.к. имеем дело с малыми скоростями и запасом , зависящим от нестабильности частот принимаемого сигнала и гетеродинов приёмника, а так же погрешностей в настройки отдельных контуров и всего приёмника. Таким образом

 (1)

Ширина спектра принимаемого сигнала при АМ определяется как удвоенная верхняя частота модуляции, т.е. (2)

Запас по полосе в данном случае можно определить по следующей формуле:

, (3)

где - относительная погрешность и нестабильность частоты настройки контуров тракта промежуточной частоты ( *кГц*), - температурная нестабильность высокой частоты, которая определяется как

, (4)

где *ТКЧ* - температурный коэффициент нестабильности частоты настройки контуров гетеродина (для кварцевого гетеродина *ТКЧ=10-6 1/град*), - статистический разброс температур окружающей среды между приёмником и передатчиком, - частота принимаемого сигнала.

, (5)

где - диапазон рабочих температур проектируемого приёмника.

Таким образом, получим *Гц*

 *Гц*,  *кГц*,

 *кГц*.

Так как из-за увеличения полосы ухудшается избирательность по соседнему каналу и отношение сигнал/шум, то следует выбирать полосу фильтра не более рассчитанной, но и не на много уже. Исходя из этого, ограничимся полосой в 12,5 *кГц*, и выберем пьезокерамический фильтр УПЧ типа ПФ1П-2 465кГц 12,5кГц, который обеспечивает селекцию по соседнему каналу при расстройке ±9 *кГц* более 40*дБ*, что и требуется по техническому заданию.


###

# 2.2 Распределение усиления по каскадам

Необходимое усиление сигналов в линейном тракте следует обеспечить при достаточной устойчивости каскадов (возможно меньшее их число), используя экономичные приборы. С другой стороны, во избежание сильной перегрузки каскадов при большом динамическом диапазоне входных сигналов, их число должно быть таким, чтобы на каждый каскад приходилось АРУ не более 10…15*дБ*.

Коэффициент усиления линейного тракта определяется следующим образом: , (6)

где *UА* - заданная чувствительность ПРМ, *UАД* - минимальное (с точки зрения допустимых искажений) напряжение на входе АД (для диодного детектора *в*. Таким образом, *раз*.

Рис.2. Проходная характеристика транзистора КП305Д.

Для линейной части ПРМ в качестве активного усилительного элемента выберем транзистор КП305Д:

**Общие сведения:** кремниевый планарный полевой с изолированным затвором и встроенным каналом ***n***-типа, предназначен для работы во входных каскадах высокочастотных усилителей с высоким входным сопротивлением.

**Основные параметры:**

Крутизна характеристики (*мА/В*):

Ёмкость входная (*пФ*):

Ёмкость проходная (*пФ*):

Коэффициент шума (*дБ*):

Для средней крутизны справедливо: (7)

Рис.3. Зависимость крутизны от входного напряжения для транзистора КП305Д.

Данный транзистор имеет квадратичную характеристику при нулевом смещении и близкую к линейной при смещении в пределах *В*.

Определим устойчивые коэффициенты усиления для этого транзистора на частотах сигнала и промежуточной.

Имеем равенство: (8). Тогда на частоте *МГц:*  , а на промежуточной частоте: . Таким образом, положим , , , , тогда . Значит, будем использовать 3 каскада УПЧ с коэффициентами усиления .

Для обеспечения заданной АРУ необходимо иметь не менее трёх каскадов усиления (по 10*дБ* на каскад). Следовательно, будем охватывать АРУ каскад УРЧ и два первых каскада УПЧ.

Рис.4. Структурная схема ПРМ по усилению

Таким образом, структурная схема ПРМ по усилению имеет вид, приведённый на рис.4.

###

# 2.3 Проверка возможности осуществления регулировок

АРУ обеспечивает требуемое относительное постоянство выходного напряжения ПРМ в условиях изменения мощности принимаемых сигналов. АРУ современных ПРМ осуществляются путём:

***а)*** изменения крутизны характеристики электронных приборов;

***б)*** регулировки междукаскадных связей (обычно в транзисторных ПРМ);

***в)*** регулируемых обратных связей в каскадах или группе каскадов.

#### Существует большое разнообразие схем АРУ, применяемых в современных ПРМ. Подавляюще большинство из них относятся к классу инерционных систем АРУ с обратной связью.

#### Проверим возможность осуществления автоматических регулировок путём изменения крутизны характеристик транзисторов в усилителях. В этом случае изменение крутизны характеристик электронных приборов регулируемых каскадов должно удовлетворять неравенству: (9) где *S****i*** - значение крутизны в исходной рабочей точке ***i***-ого регулируемого каскада, *S****i,min*** - значение крутизны при максимальном регулирующем напряжении для ***i***-ого регулируемого каскада, *Д* и *В* - заданные исходные данные системы АРУ согласно формулам (9) и (10) (смотри ГОСТ).

 (10) (11)

Таким образом, имеем: **=>** .

Значит требуемая АРУ вполне обеспечивается.

###

# 2.4 Расчёт допустимого и реального коэффициента шума и чувствительности ПРМ

В диапазонах СВ, ДВ и КВ чувствительность приёмников ограничена внешними помехами (промышленными и атмосферными) и собственными шумами, причём обычно в этих диапазонах уровень внешних помех на входе ПРМ оказывается больше приведённого к входу уровня шумов ПРМ даже без УРЧ. Поскольку эти ПРМ относительно узкополосны, в первом приближении можно считать, что внешние помехи имеют такой же характер, на выходе селективной системы, как собственные шумы. В этом случае для получения требуемой чувствительности со входа внешней антенны коэффициент шума ПРМ не должен превышать значения, рассчитываемого по нижеследующей формуле: , (12), где *ЕСА -* заданная чувствительность, - заданное отношение сигнал/шум на входе ПРМ, *Дж/К* - постоянная Больцмана, *Т0* - абсолютная температура, - шумовая полоса пропускания линейного тракта ПРМ, *RА* - эквивалентное сопротивление антенны. Таким образом, получим: . Теперь посчитаем реальный коэффициент шума проектируемого ПРМ по формуле: (13). Так как справедливы следующие равенства: , , то , что много меньше допустимого.

Таким образом, при данном коэффициенте шума будет обеспечиваться чувствительность, рассчитываемая по выражению (14).

 (14)

В данном выражении *tА* - это относительная шумовая температура антенны, которая зависит от внешних помех (положим ). Тогда,

*мкВ*

Таким образом, имеем большой запас по чувствительности.

# 3. Расчёт входной цепи

Входной цепью называют часть ПРМ, связывающую антенно-фидерную систему со входом первого каскада, которым в данном случае является УРЧ.

В зависимости от вида антенны ВЦ классифицируются как ВЦ при ненастроенной и настроенной антенне. Первые предназначены работать с различными антеннами, внутреннее сопротивление которых комплексно, а параметры заранее не известны (вещательные приёмники); вторые используются в случае работы от антенны с известным активным внутренним сопротивлением (профессиональная связь, СВЧ приёмники). По диапазонам различают ВЦ ДВ, СВ, КВ, метрового диапазона, в которых используются контуры с сосредоточенными параметрами, и ВЦ более коротковолновых диапазонов, в которых применяются коаксиальные, полосковые, микрополосковые и полые резонаторы. По числу селективных элементов ВЦ делятся на одноконтурные, двухконтурные, многоконтурные; по виду связи антенны (фидера) с ВЦ на ВЦ с непосредственной, трансформаторной (автотрансформаторной), емкостной и комбинированной связью.

Рис.5. АЧХ избирательной системы ВЦ.

Основное требование к ВЦ - высокая селективность, чтобы обеспечить заданное ослабление по зеркальному каналу и промежуточной частоте.

Рассчитаем обобщённую расстройку по зеркальному каналу:

 (15)

*МГц*

Положим, тогда

Рис.6. Расчётная электрическая схема ВЦ.

При такой расстройке одноконтурная избирательная система обеспечивает ослабление сигнала на 20*дБ*. Так как это значительно больше заданного, то используем одиночный колебательный контур в ВЦ.

Выберем ВЦ с индуктивной связью с антенной, так как при этом коэффициент передачи по всему поддиапазону постоянен (при ).

**Параметры для расчёта:** *RА*=50*Ом* *RВХ*=500*кОм* *СL*=4*пФ* *СВХ*=3,5*пФ*

*САМАХ*=50*пФ* *САМИН*=25*пФ СМ*=8*пФ LАМИН*=2*мкГн*

1. Индуктивность катушки связи: (16)

где , тогда

*мкГн*

2. Наибольшее значение коэффициента связи между катушками при допустимой расстройке входного контура:

 (17)

коэффициент поддиапазона - (18)

эквивалентное затухание катушки связи - (19)

3. Наименьшее значение оптимального коэффициента связи между катушками: (20)

затухание антенной цепи -

 (21)

4. Так как , то коэффициент связи выбираем

 (22)

5. Коэффициент включения входа электронного прибора к контуру, гарантирующий заданное эквивалентное затухание: (23)

активная входная проводимость электронного прибора на максимальной частоте поддиапазона - *gвх мах*=2,33*мкСм* (будет рассчитан далее).

Так как оказалось, что , то полагаем . В этом случае необходимо последовательно в контур включить добавочное сопротивление:

*Ом* (24)

6. Проверим осуществимость минимальной эквивалентной ёмкости:

*пФ* (25)

7. Индуктивность контурной катушки:

*мкГн (*26)

8. Действительное значение эквивалентного затухания контура:

 (27)

Таким образом, действительное затухание контура соответствует выбранному ранее.

9. Полоса пропускания ВЦ: *кГц (*28)

10. Коэффициент передачи ВЦ:

 (29)

11. Ёмкость блокировочного конденсатора: *нФ (*30)

*нФ (*31)

Таким образом,  *нФ*.

На этом расчёт ВЦ можно считать законченным.

# 4. Расчёт УРЧ

Так как избирательность по зеркальному каналу с большим запасом обеспечивает ВЦ, то УРЧ целесообразно проектировать как резистивный каскад. Таким образом, схема УРЧ имеет вид, приведённый на рис.7.

**Исходные данные:**

*СВХ*=3,5*пФ* *С12И*=*СЗС0*=0,3*пФ* *ССИ0*=2,6*пФ IС*=5*мА*

*RСИ*=500*кОм UЗИ*=1*В* *UСИ*=6*В* *S*=7,*4мА/В* *RЗИ*=10*ГОм* *RИ*=50*Ом* *fТ*=550*МГц*

**Расчёт по постоянному току:** пусть *URИ*=0,5*В*, тогда

1. Сопротивление в цепи истока: *Ом* (32)

2. Ток делителя: *мкА (*33)

3. Сопротивление резисторов делителя: *кОм (*34)

*кОм (*35)

**Расчёт по переменному току:**

1. Ёмкость цепи истока: *нФ (*36)

2. Емкости фильтров цепей питания:

***а)*** стока: *нФ (*37)

Рис.7. Принципиальная схема резистивного УРЧ.

где (38)

*кГц*

***б)*** затвора:

*мкФ* (39)

где внутреннее сопротивление источника питания положим *Ом*.

1. Входная и выходная проводимости транзистора на ВЧ:

*пФ* (40)

*мкСм* (41)

*пФ* (42)

*мкСм* (43)

*мА/В* (44)

3. Ёмкость схемы: *пФ* (45)

4. Сопротивление нагрузки: *Ом* (46)

5. Индуктивности дросселей цепей питания:

***а)*** затвора:  *мГн* (47)

***б)*** стока: *мГн* (48)

6. Ёмкость разделительного конденсатора:

*нФ* (49)

На этом расчёт УРЧ можно считать законченным.

# 5. Расчёт преобразователя частоты

**Исходные данные:** *IС*=0,83*мА UЗИ*=0 *UИ*=0,5*В UСИ*=5*В*

Рис.8. Принципиальная схема преобразователя частоты.

*UФ*=1*В RЗ*=100*кОм* *UГЕТ*=2*В*

1. Сопротивление резистора фильтра питания: *кОм* (50)

1. Сопротивление истока: *Ом* (51)

1. Ёмкость конденсатора фильтра питания:

*нФ* (52)

1. Крутизну преобразования определим по методу пяти ординат:

*мА/В* (53)

1. Коэффициент включения каскадов УПЧ:

*мкСм* (54)

*мкСм*, , (55)

1. Эквивалентная ёмкость контура:

*пФ* (56)

1. Контурная ёмкость:  *пФ*  *пФ*

 *пФ* (57)

 *пФ*  *пФ* (58)

1. Индуктивность контура:

*мкГн (*59)

9. эквивалентная добротность контура: (60)

1. Коэффициент усиления смесителя:

 (61)

На этом этапе расчёт смесителя можно считать законченным.

# 6. Микросхемная реализация ПРМ

Современные ПРМ реализуются исключительно в микросхемном исполнении, т.к. в настоящее время существует множество различных микросхем специального и универсального назначения.

Рис.9. Структурная схема микросхемы К174ХА36А.

Микросхема К174ХА36А предназначена для приёма радиосигналов с АМ и предварительного усиления напряжения звуковой частоты. Применяются в переносных радиовещательных приёмниках с низким напряжением питания и малым потребляемым током, в стационарных радиовещательных приёмниках, переносных приёмопередатчиках, системах охранной сигнализации, радиоуправления и других бытовых и промышленных радиосистемах. Содержит 218 интегральных элементов. Корпус типа 236.16 - 1, масса не более 1,3г.

**Назначение выводов:** 1 - контур гетеродина; 2 - общий (-*UПИТ*); 3 - вход 1 УРЧ; 4 - вход 2 УРЧ; 5 - индикатор настройки; 6 - вход предварительного усилителя звуковой частоты (ПУЗЧ) инвертирующий; 7 - вход ПУЗЧ неинвертирующий; 8 - вход ПУЗЧ; 9 - общий вывод ПУЗЧ; 10 - напряжение питания (+*UПИТ*); 11 - выход детектора; 12 - фильтрующий конденсатор АРУ; 13 - преддетекторный LC - контур; 14 - вход УПЧ; 15 - блокировочный конденсатор УПЧ; 16 - выход смесителя.

**Предельно допустимые режимы эксплуатации:**

Напряжение питания........2…9 *В*

предельное......... 10*В*

Напряжение входного сигнала...... 200 *мВ*

Напряжение входного сигнала внешнего гетеродина. 200…300 *мВ*

Напряжение звуковой частоты на выходах ПУЗЧ

(выводы 6 и 7)......... 100 *мВ*

Сопротивление нагрузки детектора.... 20*кОм*

Сопротивление нагрузки УЗЧ...... 10*кОм*

Сопротивление нагрузки ПУЗЧ..... 100*Ом*

Частота входного сигнала.......0,14…27,5*МГц*

в предельном режиме....... 50*МГц*

Частота входного сигнала внешнего гетеродина..0,605…27,035*МГц*

в предельном режиме....... 50*МГц*

Коэффициент амплитудной модуляции.... 80%

Температура окружающей среды..... - 60…+850С

**Работа микросхемы:**

АМ сигнал после усиления в УРЧ поступает на смеситель. На другой вход смесителя поступает напряжение от гетеродина. Частоту гетеродина определяют параметры внешнего LC - контура. Сигнал промежуточной частоты выделяется внешним фильтром.

УПЧ обеспечивает основное усиление сигнала данной микросхемой, и вместе с внешними элементами - избирательность системы. После усиления в УПЧ сигнал промежуточной частоты поступает на вход АД, и далее, через регулятор громкости на вход ПУЗЧ.

Для расширения динамического диапазона входных сигналов в микросхеме применена система АРУ.

УРЧ выполнен на дифференциальном усилителе, что обеспечивает высокую устойчивость.

В качестве преобразователя частоты используется аналоговый перемножитель с перекрёстными связями, что позволяет подавлять чётные гармоники.

В микросхеме предусмотрен узел индикации точной настройки, который в целях энергосбережения следует закоротить на корпус.

Рис.10. Структурная схема микросхемы КФ174УН26.

Усилитель звуковой частоты представлен микросхемой КФ174УН26. Эта микросхема представляет собой усилитель мощности с регулятором громкости, и предназначена для применения в выходных каскадах радиозвукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуры. Содержит 105 интегральных элементов. Корпус типа 238.18-3, масса не более 1,5г.

**Назначение выводов:** 1, 2 - коррекция; 3 - общий; 4 - выход; 5 - напряжение питания; 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 - свободные; 14 - блокировка (отключение звука); 15 - регулировка громкости; 16 - вход инвертирующий; 17 - вход неинвертирующий; 18 - фильтр.

**Предельно допустимые режимы эксплуатации:**

Напряжение питания........4,5…7,5 *В*

предельное....................... 9*В*

Напряжение входного сигнала...... 0,7 *В*

предельное............................. 1 *В*

Сопротивление нагрузки....... 6,2*Ом*

предельное............................... 6,2*Ом*

Температура окружающей среды..... - 10…+700С

Выдержки из ГОСТ 5651 - 89

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Нормы для переносных и носимых аппаратов группы сложности |
| 1 | 2 |
| Чувствительность, ограниченная шумами, при отношении сигнал/шум не менее 20*дБ* по напряжению со входа для внешней антенны, *мкВ*, не хуже, в диапазонах:ДВСВКВ | 100100100 | По ТУПо ТУПо ТУ |
| Диапазон воспроизводимых частот звукового давления всего тракта при неравномерности частотной характеристики звукового давления 14*дБ* в диапазоне СВ и 18*дБ* в диапазоне ДВ, *Гц*, не уже:  | 125 - 5600  | 315 - 3150  |
| 3. Общие гармонические искажения всего тракта по электрическому напряжению на частоте модуляции 1000*Гц*, при *М*=0,8; (), %, не более | 4 | 5 |
| 4. Действие АРУ:изменение уровня сигнала на входе, *дБ*изменение уровня сигнала на выходе, *дБ*, не более | 4610 | 3010 |
| 5. Односигнальная избирательность по соседнему каналу при расстройке 9*кГц*, *дБ*, не менее | 40 | По ТУ |
| 6. Односигнальная избирательность по зеркальному каналу, *дБ*, не менее, в диапазонах:ДВ (на частоте 200*кГц*)СВ (на частоте 1000*кГц*)КВ (на частотах по ТУ)  | 503616 | 403412 |

# Заключение

В данной курсовой работе нами рассчитан радиовещательный приёмник второй группы сложности с параметрами, превосходящими заданные, т.е. чувствительность ПРМ, подавление по побочным каналам приёма.

Для микросхемной реализации ПРМ применены микросхемы 174 серии. В частности микросхема К174ХА36А - в качестве высокочастотного тракта, тракта промежуточной частоты, детектирования АМ сигнала и предварительного усиления на звуковой частоте; и микросхема КФ174УН26 - в качестве усилителя звуковой частоты. Данные микросхемы интересны тем, что для них характерно низковольтное питание и малый потребляемый ток.

В целом, можно отметить, что полученное задание на курсовую работы выполнено в полном объёме.

# Список литературы

1. Бобров Н.В. Расчёт радиоприёмников. - М.: Радио и Связь, 1981
2. Справочник по учебному проектированию приёмно-усилительных устройств / М.К. Белкин, В.Т. Белинский, Ю.Л. Мазор, Р.М. Терещук. - К.: Выща школа, 1988
3. Проектирование радиоприёмных устройств. Под ред.А.П. Сиверса. Учебное пособие для ВУЗов. М., "Советское радио", 1976
4. Расчёт радиоприёмников. Бобров Н.В. и др.М., Воениздат, 1971
5. Радиоприёмные устройства. Под ред. проф. А.П. Жуковского, М., "Высшая школа" 1989
6. Белов И.Ф., Белов В.И. Бытовая приёмно-усилительная аппаратура: Переносные и носимые радиолы, магниторадиолы.: Справочник. - М.: Радио и связь, 1986
7. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / К.М. Брежнева, Е.И. Гантман, Т.И. Давыдова и др. Под ред. Б.Л. Перельмана. - М.: Радио и Связь, 1981
8. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам / Горюнов Н.Н. И др. - М.: "Энергия", 1979
9. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры: Справочник / И.В. Новаченко и др. - М.: "Радио и Связь", 1989