

ГОУВПО «Воронежский государственный технический
университет»
Кафедра систем информационной безопасности

Handwritten initials

545-2008

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ
И АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 3, 4
по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов»
для студентов специальности 210302 «Радиотехника»
очной, очно-заочной и заочной форм обучения



Воронеж 2008

Составители: канд. техн. наук Э.Д. Поликарпов,
канд. техн. наук В.В. Бутенко,
засл. учитель РФ Э.А. Хенкин

УДК 621.396.62

Исследование преобразователя частоты и амплитудного детектора: методические указания к лабораторным работам № 3, 4 по дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов» для студентов специальности 210302 «Радиотехника» очной, очно-заочной и заочной форм обучения / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Э.Д. Поликарпов, В.В. Бутенко, Э.А. Хенкин. Воронеж, 2008. 33с.

В методических указаниях приведены рекомендации по изучению электрических принципиальных схем и освоению методики исследования основных электрических характеристик преобразователя частоты и амплитудного детектора радиовещательного приемника.

Предназначены для студентов 4-5 курсов.

Ил. 3. Библиогр.: 7 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Б.В. Матвеев
Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн.
наук, проф. А.Г. Остапенко

Печатается по решению редакционно-издательского
совета Воронежского государственного технического
университета

©ГОУВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2008

УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

При выполнении работы необходимо:

1. Проверить наличие и надежность присоединения корпусов лабораторной установки и измерительных приборов к клемме «нулевого» провода.

2. Подачу электропитания на лабораторную установку и измерительные приборы производить только после проверки преподавателем правильности собранной схемы.

3. В случае неисправности лабораторной установки или измерительных приборов обратиться к преподавателю. Устранять неисправности или производить какие-либо переключения, не предусмотренные работой, студенту самому не разрешается.

4. При выполнении работы необходимо соблюдать меры предосторожности, указанные в инструкции по правилам техники безопасности в лаборатории радиоприемных устройств.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

1. Общие указания по работе

1.1. Цель работы: приобрести практические навыки по расчету и экспериментальному исследованию основных качественных показателей транзисторного преобразователя частоты.

1.2. Лабораторная установка

Лабораторная установка включает лабораторный стенд и комплект измерительных приборов. Лабораторный стенд выполнен на базе АМ тракта радиовещательного приемника «Рига-103», в котором введено необходимое количество переключателей и отводов для исследования и измерения основных характеристик отдельных каскадов радиоприемника.

При выполнении измерений используются следующие приборы:

- генератор сигналов высокочастотный;
- милливольтметр переменного тока высокочастотный;
- электронный частотомер;
- вольтметр постоянного тока.

Преобразователь частоты АМ тракта приемника «Рига-103», исследуемый в лабораторной работе, выполнен по схеме с отдельным гетеродином. В состав преобразователя частоты (ПЧ) входит смеситель, гетеродин и фильтр, настроенный на промежуточную частоту (ФПЧ). Смеситель выполнен на транзисторе $T2$ (ГТ322 – см. схему приемника) по схеме с общим эмиттером (для принимаемого сигнала), нагрузкой смесителя является двухконтурный полосовой фильтр (ДПФ) $Tr3$ с критической связью, настроенный на промежуточную частоту $f_{пр} = 465$ кГц. Гетеродин выполнен на транзисторе $T5$ по схеме с общей базой (по переменному току), с автотрансформаторной обратной связью (индуктивная трехточка). Напряжение гетеродина (с катушек связи $L6$ в СВ и ДВ диапазонах или катушек $L4$ в диапазонах КВ) через конденсатор $C11$ подается на эмиттер смесителя. Подача напряжений гетеродина и сигнала на разные электроды транзистора смесителя (на эмиттер и базу соответственно) способствует уменьшению взаимного влияния входных цепей, УРЧ и гетеродина. Применение отдельного гетеродина позволяет также оптимизировать режимы работы как гетеродина, так и смесителя, уменьшить взаимные влияния входных и гетеродинных цепей и повысить стабильность работы приемника в диапазоне КВ.

2. Домашнее задание

2.1. Ознакомиться с назначением, принципом действия и основными качественными показателями преобразователя частоты [1,3,4,5,6,7].

Примечание. Здесь и далее обычно указывается несколько литературных источников, где приведены сведения по затронутому вопросу, но, как правило, достаточно ознакомиться с ними по одному из указанных источников.

2.2. Рассчитать резонансный коэффициент передачи транзисторного преобразователя частоты, схема которого приведена на рисунке при простом преобразовании. Крутизна прямой передачи транзистора $|Y_{21}|=30$ мА/В, эквивалентное резонансное сопротивление контуров фильтра равно $R_{ЭР}=10$ кОм, коэффициенты включения контуров $m_1=0,5$, $m_2=0,2$, параметр связи между контурами $\beta=1$.

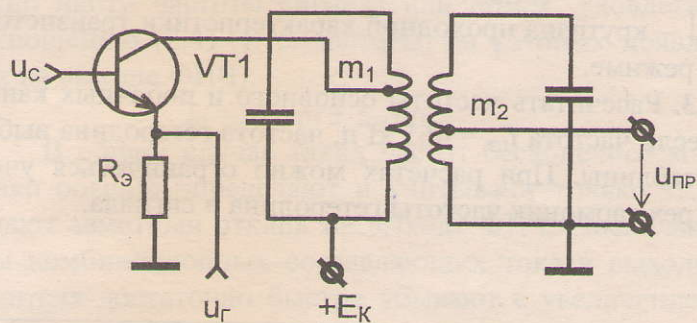


Схема транзисторного преобразователя частоты

Методические указания. Эквивалентные схемы преобразователя частоты и резонансного усилителя идентичны, поэтому для определения резонансного коэффициента передачи ПЧ с ДПФ можно использовать известную формулу для коэффициента усиления резонансного усилителя с ДПФ

$$K_0 = m_1 m_2 |Y_{21}|_{гр} R_{ЭР} \frac{\beta}{1 + \beta^2}, \quad (2.1)$$

где вместо крутизны $|Y_{21}|$ транзистора в режиме усиления подставляется значение крутизны $|Y_{21}|_{\text{пр}}$ в режиме преобразования. По определению крутизна преобразования равна половине амплитуды первой гармоники крутизны транзистора, изменяющейся во времени под действием напряжения гетеродина: $|Y_{21}|_{\text{пр}} = 0.5 |Y_{21}|_{(1)}$. Для нахождения $|Y_{21}|_{(1)}$ необходимо знать аналитическое выражение характеристики транзистора либо иметь график зависимости крутизны от напряжения смещения, что не всегда доступно. Для приближенной оценки крутизны преобразования обычно используют эмпирическую формулу

$$|Y_{21}|_{\text{пр}} \approx (0,3 \dots 0,5) |Y_{21}|, \quad (2.2)$$

где $|Y_{21}|$ – крутизна проходной характеристики транзистора в типовом режиме.

2.3. Рассчитать частоты основного и побочных каналов приема, если частота $f_{\text{пр}} = 465$ кГц, частота гетеродина выбирается из таблицы. При расчетах можно ограничиться учетом первых трех гармоник частоты гетеродина и сигнала.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диапазон	ДВ	ДВ	СВ	СВ	СВ	КВ2	КВ2	КВ3	КВ3	ДВ
Частота гетеродина, кГц	700	800	1000	1500	2000	6500	7000	5000	5500	650

Методические указания. Если к нелинейному элементу (в данном случае – транзистору) приложены напряжения гетеродина и сигнала, то в токе нелинейного элемента содержится множество комбинационных составляющих, частоты f_k которых могут быть определены из выражения:

$$f_k = |\pm n f_{\Gamma} \pm m f_c|, \quad (2.3)$$

где f_r — частота колебаний гетеродина; f_c — частота входного сигнала (или помехи); $m = 1, 2, 3, \dots$ — номер гармоники тока сигнала; $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ — номер гармоники крутизны транзистора, изменяющейся под воздействием напряжения гетеродина [1,3,4,5,6,7]

Напряжение на выходе фильтра, построенного на промежуточную частоту (ФПЧ), создается только теми составляющими коллекторного тока, частоты которых совпадают с частотой настройки ФПЧ

$$f_k = f_{\text{ПЧ}}, \quad (2.4)$$

на других частотах коэффициент передачи ФПЧ мал. При заданной (известной) частоте гетеродина из выражения (2.3) можно найти частоты сигнала или помех, удовлетворяющие соотношению (2.4) (т. е. частоты, на которых появляется отклик на выходе ФПЧ):

$$f_c = nf_r / m \pm f_{\text{ПЧ}} / m. \quad (2.5)$$

В общем случае таких частот бесконечное множество, однако обычно определяют и учитывают только те, которые создают заметный отклик на выходе ФПЧ. Поскольку амплитуды комбинационных составляющих тока в выходной цепи смесителя достаточно быстро убывают с увеличением m и n , практически опасными являются лишь те побочные каналы, которые соответствуют значениям $m \leq 3, n \leq 3$. В линейном режиме работы ПЧ (при малом уровне сигнала на входе) гармоники тока сигнала отсутствуют или настолько малы, что их влиянием можно пренебречь. В этом случае частоты основного и побочных каналов приема определяются по формуле

$$f_c = nf_r \pm f_{\text{ПЧ}}, \quad (2.6)$$

которая получена из (2.5) при $m=1$. При простом преобразовании ($n=1$) и верхней настройке гетеродина частота основного канала $f_c = f_r - f_{\text{ПЧ}}$ (это частота, на которую настроен приемник), частота зеркального канала $f_{\text{зк}} = f_r + f_{\text{ПЧ}}$.

При поступлении на вход ПЧ сигнала с частотой, равной $f_{\text{ПЧ}}$, смеситель работает в режиме усиления ($n=0, m=1$).

Частота гетеродина в этом случае никак не влияет на усиление ПЧ, но под действием напряжения гетеродина изменяется крутизна транзистора. В этом случае коэффициент усиления ПЧ может быть найден из выражения (2.1) при подстановке в него вместо $|Y_{21}|_{\text{пр}}$ значения средней крутизны $|Y_{21}|_{\text{ср}}$. При расчетах ПЧ среднюю крутизну определяют аналитически либо графически (методом трех или пяти ординат).

В нелинейном режиме работы ПЧ (при больших уровнях сигнала на входе) возникают дополнительные побочные каналы приема, их частоты определяются из общего выражения (3.5). В частном случае при $m=n$ выражение (2.5) преобразуется к виду

$$f_c = f_r \pm f_{\text{пр}} / n. \quad (2.7)$$

2.4. Ознакомиться со способом сопряженной перестройки контуров преселектора и гетеродина в тракте АМ радиоприемнике «Рига-103».

Методические указания. Контур преселектора (ВЦ и УРЧ, если он имеется) настраиваются на частоту принимаемого сигнала и осуществляют *предварительную* селекцию, то есть выделение полезного сигнала и ослабление тех помех, частоты которых не совпадают с частотой настройки преселектора. Число контуров преселектора, как правило, не более двух – трех, поэтому они не могут обеспечить достаточного ослабления помех с малой расстройкой. С выхода преселектора принимаемый сигнал поступает на смеситель, где осуществляется перенос спектра сигнала на промежуточную частоту. На второй вход смесителя подается напряжение гетеродина, частота колебаний которого обычно выбирается выше частоты сигнала

$$f_r = f_c + f_{\text{пр}}, \quad (2.8)$$

где f_c – частота принимаемого сигнала;

$f_{\text{пр}}$ – промежуточная частота, на которую настроены фильтры УПЧ.

Ток смесителя, выполненного на нелинейных элементах (диодах, транзисторах и т. п.), на который воздействуют напря-

жения сигнала и гетеродина, содержит множество спектральных составляющих. Одна из них, в данном случае составляющая с частотой $f_r - f_c$, выделяется в качестве промежуточной частоты. При правильном выборе режима работы смесителя перенос спектра сигнала на промежуточную частоту выполняется с сохранением закона модуляции, соответственно сохраняются и остальные параметры спектра — число спектральных составляющих и их относительный уровень, ширина и форма огибающей спектра сигнала. Дальнейшая фильтрация принимаемого сигнала от помех осуществляется на промежуточной частоте — в узкополосном высокоизбирательном тракте УПЧ.

При перестройке супергетеродинного приемника в диапазоне принимаемых частот сигнал каждой принимаемой радиостанции должен быть предварительно очищен от помех в преселекторе и затем преобразован в промежуточную частоту, для чего осуществляется *согласованная* перестройка контуров преселектора и гетеродина с помощью многосекционного конденсатора переменной емкости (КПЕ). *Сопряжение* настроек контуров ВЦ, УРЧ и гетеродина достигается за счет соответствующего выбора индуктивностей и применения сопрягающих конденсаторов в контурах преселектора и гетеродина. При этом (при использовании КПЕ с одинаковыми секциями) точное сопряжение может быть получено только в трех точках каждого диапазона. В этих точках достигается строгое выполнение равенства

$$f_r - f_{\text{прес}} = f_{\text{пр}}, \quad (2.9)$$

где $f_{\text{прес}}$ — частота настройки контуров преселектора (ВЦ и УРЧ).

На остальных частотах диапазона точность сопряжения нарушается, то есть $f_r - f_{\text{прес}} \neq f_{\text{пр}}$, но для принимаемого сигнала обязательно выполнение равенства $f_r - f_c = f_{\text{пр}}$, чтобы спектр преобразованного сигнала попадал в полосу пропускания УПЧ. В результате контура преселектора оказываются неточно настроены на частоту сигнала ($f_{\text{прес}} \neq f_c$), что может привести к

ослаблению принимаемого сигнала и его искажению. Эти искажения достаточно малы, если *ошибка сопряжения*, равная $\Delta f = f_{\text{ПРЕС}} - (f_{\Gamma} - f_{\text{ПР}})$, мала по сравнению с полосой пропускания контуров преселектора. Это условие легко выполняется в диапазонах КВ, труднее — в диапазонах СВ и ДВ. При малых значениях коэффициента перекрытия $k_{\text{ПД}} = f_{\text{max}}/f_{\text{min}}$, где f_{max} и f_{min} — верхняя и нижняя частоты поддиапазона, допускается сопряжение в двух или даже в одной точке поддиапазона, если ошибка сопряжения не превышает допустимого значения, которое обычно равно половине полосы пропускания преселектора.

Для уменьшения ошибки сопряжения крайние частоты точного сопряжения располагают, несколько отступая от краев диапазона (эти частоты отмечены на шкале приемника рисками). При регулировке приемника точное сопряжение достигается на верхнем краю диапазона подстройкой емкости конденсаторов, на нижнем — подстройкой индуктивности контуров (сопряжение в средней точке диапазона достигается при этом автоматически). Функции сопрягающих конденсаторов в радиоприемнике «Рига-103» выполняют конденсаторы $C5$ (на СВ) и $C7$ (на ДВ) в гетеродинных контурах, а в контурах входных цепей — $C1$, $C3$ (на СВ) и $C1$, $C4$, $C5$ (на ДВ). Сопряжение и растяжение в диапазонах КВ1, КВ2 и КВ3 осуществляется с помощью конденсаторов $C1$, $C2$ и $C3$ во входных контурах, конденсаторов $C6$, $C4$ и $C5$ в УРЧ и конденсаторов $C9$, $C7$ и $C8$ в контурах гетеродина. В пределах каждого поддиапазона (в тракте АМ) контуры ВЦ, УРЧ и гетеродина перестраиваются с помощьюстроенного блока КПЕ ($C1$, $C2$, $C3$ — см. схему приемника внизу).

2.5. Сделать заготовку отчета к лабораторной работе в соответствии с требованиями п. 4. Подготовить ответы на контрольные вопросы (см. п. 5).

3. Лабораторное задание

3.1. Изучить принципиальную схему преобразователя частоты АМ тракта радиоприемника «Рига-103» (ДВ, СВ и КВ диапазоны). Зарисовать схему ПЧ для диапазона СВ в отчет.

Методические указания. При изучении схемы ПЧ необходимо выделить основные элементы структурной схемы ПЧ, найти входы смесителя для напряжений сигнала и гетеродина, а также выход для напряжения промежуточной частоты.

– Выделить элементы, относящиеся к ПЧ (смесителю и гетеродину) каждого диапазона и установить, как осуществляется подключение базы транзистора $T2$ смесителя к контурам сигнала и эмиттера $T2$ к контурам гетеродина при переключении диапазонов.

– Рассмотреть схему нагрузки ПЧ и способ ее переключения при переходе от приема АМ сигналов к приему ЧМ сигналов (т. е. при переключении приемника на прием в диапазоне УКВ).

– Найти элементы схемы, задающие режим работы смесителя по постоянному току и установить, как и каким образом изменяется режим работы транзистора $T2$ при переходе от режима преобразования при приеме АМС в режим усиления при приеме ЧМС. Объяснить необходимость изменения смещения при переходе в режим усиления при приеме ЧМС.

– Найти элементы схемы, с помощью которых осуществляется сопряжение настроек контуров гетеродина и преселектора в диапазонах ДВ, СВ, КВ и растяжение диапазонов КВ.

3.2. Измерить режим работы смесителя.

Методические указания. Режим работы транзисторного смесителя задается смещением на базе и амплитудой гетеродина.

а) Измерить напряжение гетеродина, поступающее на смеситель; исследовать его зависимость от частоты настройки.

– Установить переключатель диапазонов в положение СВ/MW. Подключить милливольтметр переменного тока к эмиттеру транзистора T_2 смесителя, включить питание стенда.

– Измерить напряжение гетеродина, поступающее на смеситель, в трех точках диапазона (в начале, середине и в конце).

б) Измерить напряжение гетеродина, проникающее на выход ПЧ.

– В средней точке диапазона измерить напряжение с частотой гетеродина на коллекторе транзистора T_2 и на выходе ФПЧ смесителя, т.е. на базе первого каскада УПЧ (вход смесителя отключить).

Напряжение гетеродина, проникающее на базу первого и последующих каскадов УПЧ, может нарушить линейность их работы, что приводит к увеличению перекрестных и интермодуляционных искажений в приемнике.

в) Измерить смещение на базе транзистора T_2 в режиме преобразования и в режиме усиления.

– Измерить смещение на базе транзистора T_2 смесителя с помощью ВПТ, для чего измерить потенциалы базы и эмиттера относительно “земли” и найти их разность.

– Включить диапазон УКВ/VHF и определить смещение на базе T_2 в режиме усиления. Сравнить и обосновать полученные данные.

3.3. Определить основные качественные показатели ПЧ в режиме усиления.

Методические указания. Если на вход смесителя поступает сигнал с частотой, равной промежуточной, то он просто усиливается, без преобразования частоты (так называемый «прямой канал»). Значение коэффициента усиления можно подсчитать по формуле (2.1), если подставить в нее вместо крутизны преобразования среднюю крутизну, которая зависит

как от смещения на базе транзистора T_2 , так и от амплитуды гетеродина. Остальные показатели ПЧ — частота настройки, полоса пропускания, избирательность по соседнему каналу — определяются фильтром в нагрузке смесителя.

а) Определить частоту настройки, полосу пропускания и избирательность преобразователя частоты.

— Установить переключатель диапазонов в положение СВ/МВ. Подать на вход смесителя через разделительный конденсатор ($C_p = 0,01$ мкФ, выведен на клемму) немодулированное напряжение от ГВЧ с частотой $f_{гр}$ и амплитудой 10 мВ.

— К выходу фильтра ПЧ (т. е. к базе транзистора следующего каскада, через разделительный конденсатор) подключить милливольтметр.

— Отключить преселектор и гетеродин, настроить ГВЧ точно на частоту фильтра ПЧ, определить частоту настройки ФПЧ.

— Изменяя частоту ГВЧ, измерить полосу пропускания и избирательность смесителя по соседним каналам (при расстройке на ± 9 кГц).

Примечание. Здесь указано ранее принятое значение расстройки соседних каналов (± 9 кГц), соответствующее паспортным данным радиоприемника "Рига-103".

б) Определить коэффициент усиления ПЧ на частоте прямого канала.

— Выключить гетеродин, настроить ГВЧ на частоту резонанса ФПЧ.

— Включить гетеродин и, изменяя напряжение на выходе ГВЧ, установить на выходе ПЧ напряжение, равное 10 мВ. Используя показания аттенюатора ГВЧ и МВ, определить резонансный коэффициент усиления ПЧ.

Примечание. Если на выход фильтра ПЧ проникает значительное напряжение гетеродина, не позволяющее провести измерение напряжения промежуточной частоты, то

измерение можно произвести на выходе УПЧ, а затем разделить общий коэффициент усиления тракта (ПЧ + УПЧ) на коэффициент усиления УПЧ.

3.4. Определить основные качественные показатели ПЧ в режиме преобразования.

Методические указания. В дополнение к измеренным в п. 3.3 показателям необходимо определить усиление ПЧ в режиме простого преобразования, то есть при $m=n=1$.

а) Определить коэффициент усиления ПЧ в режиме преобразования.

– Установить частоту генератора $f_{\text{ГЕН}} = f_c = f_{\Gamma} - f_{\text{ГР}}$ и амплитуду $U_c = 30$ мВ (частота f_{Γ} задана в домашнем задании). Подстроить генератор по максимуму показаний милливольтметра на выходе фильтра ПЧ.

– Используя эти показания, определить коэффициент усиления ПЧ в режиме преобразования.

б) Определить коэффициент усиления ПЧ на частоте зеркального канала.

– Настроить генератор на частоту $f_{\text{ГЕН}} = f_{\text{ЗК}} = f_{\Gamma} + f_{\text{ГР}}$ и повторить измерения. Сравнить и обосновать полученные данные.

3.5. Снять частотную характеристику ПЧ в линейном и нелинейном режимах работы преобразователя частоты.

Методические указания. Амплитудно – частотная характеристика ПЧ – это зависимость коэффициента усиления ПЧ от частоты входного сигнала при постоянной частоте гетеродина. Напряжение на выходе ПЧ появляется только тогда, когда частоты сигнала и гетеродина удовлетворяют соотношению (2.1). Если это соотношение не удовлетворяется, то образующиеся в токе смесителя комбинационные составляющие не проходят через ФПЧ.

Вид АЧХ ПЧ зависит от амплитуды сигнала, поступающей на вход смесителя: при малой амплитуде смеситель работает в *линейном режиме*, соответственно напряжение на выходе ФПЧ обнаруживается (т. е. может быть зафиксировано милливольтметром) только на частотах, соответствующих выражению (2.6). При большой амплитуде сигнала смеситель работает в *нелинейном режиме* (по отношению к сигналу), при этом увеличивается уровень тех комбинационных составляющих, в образовании которых участвуют гармоники сигнала. В этом случае напряжение на выходе ФПЧ появляется на тех частотах, которые могут быть определены из выражения (3.5), т. е. число комбинационных составляющих значительно возрастает по сравнению с линейным режимом и вид АЧХ усложняется. В лабораторной работе исследуется вид АЧХ в нелинейном режиме только в узком диапазоне частот от $f_r - f_{\text{пр}}$ до $f_r + f_{\text{пр}}$ для частного случая $m = n \leq 3$.

а) Измерить частотную характеристику ПЧ в линейном режиме.

– Установить частоту настройки приемника, при которой частота гетеродина соответствует варианту домашнего задания. Установить на входе смесителя напряжение 10 мВ, соответствующее линейному режиму работы ПЧ.

– Плавное изменение частоты ГВЧ от 150 кГц до $f_{\text{ГЕН}} = 3f_r + f_{\text{пр}}$, наблюдать за показаниями милливольтметра, подключенного к выходу фильтра ПЧ (или к выходу УПЧ). При перестройке ГВЧ следить за постоянством его выходного напряжения. Зафиксировать максимумы напряжений и те частоты, на которых они наблюдаются.

– По данным измерений составить таблицу, где в отдельной графе указать формулу образования каждой составляющей (в виде $f_k = nf_r \pm mf_c$).

б) Измерить частотную характеристику ПЧ в нелинейном режиме.

– Установить на входе смесителя напряжение ГВЧ, равное 100 мВ (соответствующее нелинейному режиму работы ПЧ).

– Повторить измерения АЧХ в диапазоне частот от $f_{\text{ГЕН}}=f_{\text{Г}}-f_{\text{ПР}}$ до $f_{\text{ГЕН}}=f_{\text{Г}}+f_{\text{ПР}}$, зафиксировать максимумы, соответствующие $m=n=2$ и $m=n=3$, составить таблицу.

в) Построить графики зависимостей коэффициента усиления ПЧ от частоты сигнала при $f_{\text{Г}}=\text{const}$ (частотные характеристики ПЧ) для линейного и нелинейного режимов работы ПЧ. В таблицах и на графиках отметить основной и зеркальный каналы приема. Объяснить полученные результаты.

3.6. Исследовать влияние преселектора на прохождение сигналов по основному и побочным каналам приема.

Методические указания. Назначение преселектора – выделение и усиление принимаемого сигнала и ослабление помех (мешающих сигналов), в том числе побочных каналов приема. Достижимая в преселекторе степень ослабления определяет частотную избирательность приемника по побочным каналам.

а) Определить влияние преселектора на прохождение основного и побочных каналов приема.

– Включить преселектор, настройку приемника не изменять. На вход приемника (гнездо «А») через эквивалент антенны подать сигнал от ГВЧ.

– Изменяя частоту настройки генератора, определить частоту основного канала, на которую настроен преселектор.

– Изменяя выходное напряжение ГВЧ, установить на выходе фильтра ПЧ такое же напряжение, какое было получено при выполнении п. 3.5 а на частоте основного канала (при отключенном преселекторе).

– Поддерживая напряжение на выходе ГВЧ постоянным, изменять его частоту в тех же пределах, что и в п. 3.5 а. Зафиксировать максимумы напряжений и частоты, на которых они появляются.

б) Определить влияние преселектора на прохождение зеркального канала.

– Настроить ГВЧ на частоту зеркального канала. Увеличивая напряжение на выходе генератора и подстраивая его частоту по максимуму показаний милливольтметра, установить на выходе фильтра ПЧ такое же напряжение, какое было получено при выполнении п. 3.5 а на частоте основного канала. Определить ослабление, вносимое преселектором на частоте зеркального канала.

– Составить таблицу измерений и сопоставить результаты с полученными в п. 3.5, сделать выводы.

4. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Результаты расчетов в соответствии с п. 2.1 домашнего задания.
2. Принципиальную схему исследуемого в лабораторной работе варианта ПЧ (смесителя и гетеродина).
3. Таблицы и графики экспериментальных данных.
4. Краткие выводы по проделанной работе, содержащие анализ полученных результатов, сопоставление расчетных и экспериментальных данных с указанием возможных причин их расхождения.

5. Контрольные вопросы

1. Назначение и основные качественные показатели преобразователя частоты.
2. Структурная схема ПЧ, назначение элементов, принцип действия преобразователя частоты, спектральные диа-

граммы.

3. Схема преобразователя частоты радиоприемника «Рига-103», назначение элементов, принцип действия.

4. Каковы общие правила выбора режима работы преобразователя частоты?

5. Что такое крутизна преобразования? Как она зависит от характеристик транзистора, напряжения смещения и амплитуды гетеродина?

6. Объясните причины появления побочных каналов приема и укажите методы борьбы с ними. Как рассчитать частоты побочных каналов в линейном режиме?

7. В чем отличия линейного и нелинейного режимов работы ПЧ? Как рассчитать частоты побочных каналов в нелинейном режиме?

8. Дайте определение частотной характеристики ПЧ. Какой вид имеет частотная характеристика в линейном режиме работы ПЧ?

9. Какой вид имеет частотная характеристика в нелинейном режиме работы ПЧ?

10. Какие меры предприняты в радиоприемнике «Рига-103» для подавления побочных каналов приема?

11. Как и какой целью достигается сопряженная настройка контуров преселектора и гетеродина супергетеродинного приемника? Укажите элементы схемы приемника «Рига-103», используемые для достижения сопряжения.

12. Как и какой целью выполняется растяжение диапазонов КВ? Укажите элементы схемы приемника «Рига-103», используемые для растяжения диапазонов КВ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА

1. Общие указания по работе:

1.1. Цель работы:

- приобрести практические навыки по расчету и экспериментальному исследованию основных электрических показателей амплитудных детекторов;
- выяснить условия возникновения нелинейных и частотных искажений при детектировании.

1.2. Лабораторная установка

Лабораторная установка включает лабораторный стенд и комплект измерительных приборов. Лабораторный стенд выполнен на базе АМ тракта радиовещательного приемника «Рига-103», в котором введено необходимое количество переключателей и отводов для исследования и измерения основных характеристик отдельных каскадов радиоприемника.

При выполнении измерений используются следующие приборы:

- генератор сигналов высокочастотный;
- милливольтметр переменного тока высокочастотный;
- вольтметр постоянного тока;
- электронно-лучевой осциллограф.

Детектор АМ сигналов приемника «Рига-103», исследуемый в лабораторной работе, выполнен по схеме последовательного диодного детектора на диоде $D5$ (типа Д2Е) с нагрузкой $R55C32$ (см. схему приемника «Рига-103»). Через делитель напряжения $R41R55$ на диод подано небольшое постоянное (отпирающее) напряжение, компенсирующее начальное напряжение отпирающего диода. При этом улучшается линейность начального участка характеристики детектирования, соответственно уменьшаются нелинейные искажения при малых амплитудах детектируемого сигнала. Резистор $R45$ и конденсатор $C36$ образуют дополнительный фильтр напряжения ПЧ, про-

никающего на выход АД. Постоянная времени фильтра выбрана так, чтобы он не вносил дополнительных частотных искажений на звуковых частотах. Низкоомный вход УЗЧ подключается к выходу детектора через резисторы R_{45R51} (чтобы исключить шунтирование нагрузки детектора); конденсатор C_{42} – разделительный. Принципиальная схема АД приведена на рис. 2.1.

2. Домашнее задание

2.1. Ознакомиться с назначением, принципом действия и основными качественными показателями детектора АМС.

Методические указания. При теоретической подготовке к работе необходимо рассмотреть физические процессы в последовательном диодном детекторе при детектировании немодулированных и модулированных сигналов, уяснить назначение элементов схемы детектора. Ознакомиться с основными качественными показателями АД и требованиями к ним [1,2,3,4,5,6,7]. Выяснить условия возникновения нелинейных и частотных искажений в АД. Обратить внимание на то, что показатели детектора и их свойства существенно изменяются при изменении амплитуды входного напряжения $U_{вх}$, поэтому при анализе работы диодных АД отдельно рассматривают режим слабых сигналов ($U_{вх} \leq 25$ мВ), режим сильных сигналов ($U_{вх} \geq 0,5$ В) и промежуточный режим ($25\text{мВ} \leq U_{вх} \leq 0,5$ В). Границы режимов приблизительны и указаны для полупроводниковых АД. Методика анализа в различных режимах рассматривается в [4,6].

Примечание. Здесь и далее обычно указывается несколько литературных источников, где приведены сведения по затронутому вопросу, но, как правило, достаточно ознакомиться с ними по одному из указанных источников

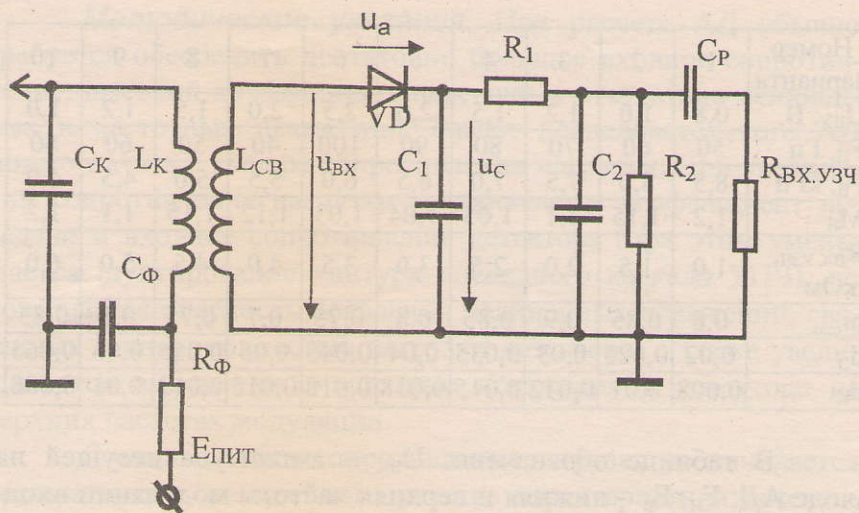


Рис. 2.1. Принципиальная схема последовательного диодного детектора с разделенной нагрузкой

2.2. Рассчитать последовательный диодный АД (рис. 2.1) в соответствии с вариантом домашнего задания (см. таблицу).

Исходные данные для расчета АД:

- промежуточная частота $f_{\text{ТР}} = 465$ кГц;
- емкость контура УПЧ $C_K = 510$ пФ;
- параметры диода: крутизна характеристики $S = 10$ мА/В, обратное сопротивление $R_{\text{ОБР}} = 400$ кОм, емкость анод-катод $C_{\text{ак}} = 1$ пФ.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{вх}, В$	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,0	1,5	1,2	1,0
$F_{н}, Гц$	50	60	70	80	90	100	40	50	60	80
$F_{в}, кГц$	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
$M_{н}$	1,2	1,15	1,1	1,05	1,04	1,03	1,12	1,15	1,1	1,2
$R_{вх.узч}, кОм$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
m_{max}	0,8	0,85	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,85
$d_{э}$	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065
$d_{к}$	0,008	0,01	0,012	0,015	0,018	0,018	0,015	0,012	0,01	0,008

В таблице обозначено: $U_{вх}$ – амплитуда несущей на входе АД; $F_{н}$, $F_{в}$ – нижняя и верхняя частоты модуляции входного АМ сигнала; $M_{н}$ – коэффициент частотных искажений на нижней частоте; $R_{вх.узч}$ – входное сопротивление усилителя звуковой частоты (УЗЧ), являющееся нагрузкой АД; m_{max} – максимальный коэффициент модуляции входного сигнала; $d_{к}$ – конструктивная добротность контура УПЧ; $d_{э}$ – эквивалентная добротность контура УПЧ с учетом шунтирующего действия АД.

В результате расчета должны быть выбраны нагрузка АД, обеспечивающая неискаженное детектирование АМ сигналов с заданными параметрами, а также определены основные показатели детектора: коэффициент передачи, входное сопротивление, коэффициент частотных искажений на верхней модулирующей частоте, коэффициент подключения детектора к контуру УПЧ.

Для трех значений коэффициента модуляции $m = 0,3$, $0,5$ и $0,8$ и заданной амплитуды $U_{вх}$ (см. табл. 4.1) определить амплитуду НЧ сигнала на входе УНЧ (для средних частот модуляции).

Методические указания. При расчете АД обычно требуется обеспечить достаточно большое входное сопротивление, высокий коэффициент передачи и отсутствие нелинейных и частотных искажений. Расчет последовательного АД можно начать с выбора сопротивления нагрузки. При увеличении сопротивления нагрузки увеличивается коэффициент передачи и входное сопротивление детектора (при этом уменьшается шунтирование контура последнего каскада УПЧ), но повышается опасность появления нелинейных искажений, связанных с инерционностью нагрузки детектора, а также увеличиваются амплитудно-частотные искажения в детекторе на верхних частотах модуляции.

С уменьшением сопротивления нагрузки увеличивается протяженность нелинейного участка характеристики детектирования, что приводит к росту нелинейных искажений, а также уменьшается коэффициент передачи и входное сопротивление детектора. Входное сопротивление детектора является нагрузкой последнего каскада УПЧ и его уменьшение может привести к недопустимому шунтированию контура УПЧ.

В зависимости от исходных данных последовательность расчета АД может несколько изменяться. В лабораторной работе исследуется работа диодного детектора в режиме больших сигналов. Детектирование больших сигналов происходит с отсечкой тока: за период 2π радиан ток проходит через диод в течение 2θ и имеет вид косинусоидальных импульсов с основанием, равным 2θ . В диодных детекторах АМ сигналов угол отсечки θ обычно равен $10...30^\circ$. Выпрямленное детектором напряжение на нагрузке равно

$$u_c = K_d U_m = U_m \cos \theta, \quad (2.1)$$

где $K_d = u_c / U_m = \cos \theta$ – коэффициент передачи детектора.

Это напряжение приложено к диоду в обратном направлении, создавая на нем автоматическое смещение, так что полное напряжение, приложенное к диоду, равно

$$u_a = -u_c + u_{BX} = -u_c + U_m \cos \omega t. \quad (2.2)$$

Здесь предполагается, что емкость нагрузки $C_H=C_1$ (см. рис. 2.1 и рис. 2.2) значительно больше междуэлектродной емкости диода и на ней не создается падение ВЧ напряжения.

Если входное напряжение модулировано по амплитуде, то напряжение на диоде

$$u_a = -u_c + u_{вх} = -u_c(t) + U_m(t)\cos\omega t. \quad (2.3)$$

При правильно выбранных значениях R_H , C_H (см. рис. 2.2) напряжение u_c изменяется пропорционально амплитуде сигнала U_m , соответственно изменяется смещение на диоде, в результате угол отсечки θ при изменении амплитуды входного сигнала остается постоянным. Как видно из (2.1), постоянство угла отсечки является необходимым условием пропорциональности $u_c(t)$ и $U_m(t)$, то есть отсутствия искажений при детектировании.

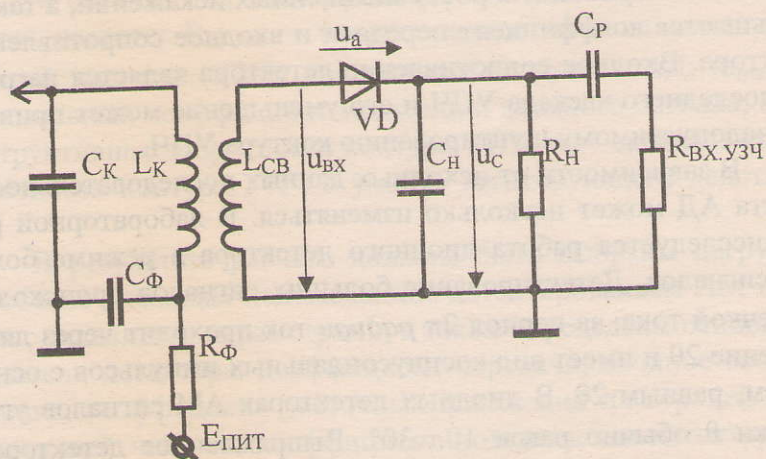


Рис. 2.2. Принципиальная схема последовательного диодного детектора

Установившееся значение угла отсечки нелинейно зависит от значения произведения SR_H (S – крутизна характеристики диода); при увеличении SR_H угол отсечки $\theta \rightarrow 0$, а коэффициент передачи детектора $K_d = \cos\theta \rightarrow 1$. При $SR_H \geq 30$ угол отсечки

достаточно мал и может быть определен по приближенной формуле

$$\theta \cong 3 \sqrt[3]{\frac{3\pi}{SR_H}} \text{ (радиан)}. \quad (2.4)$$

Входное сопротивление и входная проводимость последовательного детектора при $SR_H \geq 30$ равны

$$R_{ВХ} \cong 0,5R_H, \quad g_{ВХ} = 2/R_H = 2g_H. \quad (2.5)$$

При использовании в детекторе германиевых диодов, обратная проводимость $g_{ОБР} = 1/R_{ОБР}$ которых не очень мала, учитывают ее влияние на входную проводимость детектора:

$$g_{ВХ} = 2g_H + 3g_{ОБР}. \quad (2.6)$$

Сопротивление нагрузки АД обычно выбирают в пределах $R_H = 5 \dots 10$ кОм, при этом исходят из допустимого значения входного сопротивления, которое шунтирует контур УПЧ. При выборе емкости нагрузки учитывают следующие условия:

– условие отсутствия нелинейных искажений при детектировании из-за инерционности нагрузки

$$C_H \leq \frac{\sqrt{1-m_{\max}^2}}{2\pi F_B R_H m_{\max}}; \quad (2.7)$$

– условие допустимых частотных искажений на верхних частотах модуляции

$$C_H \leq \frac{g_H + g_{22Д}}{\Omega_B} \sqrt{M_B^2 - 1}; \quad (2.8)$$

– условие достаточно полной передачи входного ВЧ напряжения на диод детектора (то есть малое падение ВЧ напряжения на нагрузке)

$$C_H \geq 20C_{ак}; \quad (2.9)$$

– условие получения необходимого значения коэффициента фильтрации

$$k_{\Phi} \cong \frac{C_H}{C_{ак} + C_M}, \quad (2.10)$$

где m_{\max} – максимальное значение коэффициента модуляции принимаемого сигнала (обычно принимают $m_{\max}=0,8\dots 0,9$);

$g_{22Д}=S\theta/\pi$ – внутренняя выходная (динамическая) проводимость АД;

$C_M = 2\dots 5$ пФ – емкость монтажа цепи диода.

Из значений C_H , рассчитанных по формулам (2.7) и (2.8), выбирают меньшую величину и проверяют выполнение условий (2.9), (2.10).

Напряжение звуковой частоты с выхода АД на вход УЗЧ подается через разделительный конденсатор C_P , что приводит к уменьшению коэффициента передачи цепи на нижних частотах. Для уменьшения частотных искажений емкость C_P выбирается из условия

$$\frac{1}{\Omega_H C_P} \ll R_{ВХ.УЗЧ} \quad (2.11)$$

или (при заданном значении коэффициента M_H частотных искажений на нижних частотах) из условия

$$C_P \geq \frac{1}{\Omega_H (R_H + R_{ВХ.УЗЧ}) \sqrt{M_H^2 - 1}} \quad (2.12)$$

При таком выборе C_P сопротивление $R_{H\approx}$ нагрузки АД для переменного тока равно параллельному соединению сопротивлений R_H и $R_{ВХ.УЗЧ}$ (во всей области звуковых частот), в результате сопротивление нагрузки АД для постоянного тока, равное R_H , оказывается больше сопротивления нагрузки для переменного тока. Это является причиной появления нелинейных искажений, если коэффициент модуляции детектируемого напряжения превышает критическое значение

$$m \geq m_{кр} = R_{H\approx} / R_H \quad (2.13)$$

При малых значениях $R_{ВХ.УЗЧ}$ нелинейные искажения становятся значительными даже при малых значениях m . Сущность возникновения *нелинейных* искажений продетектированного сигнала за счет *линейной* цепи $C_P R_{ВХ.УЗЧ}$ состоит в том, что

цепь $C_p R_{вх.узч}$ работает совместно с диодным детектором и при уменьшении амплитуды $U_{вх}$ до нуля (за счет модуляции) конденсатор C_p становится источником постоянного напряжения, создающим на резисторе R_H дополнительное напряжение смещения, которое закрывает диод, нарушая его работу. Это приводит к искажению формы выходного напряжения за счет его ограничения детектором снизу.

Для уменьшения нелинейных искажений в схеме рис. 2.2 можно уменьшать до определенных пределов R_H , но при этом соответственно уменьшается входное сопротивление детектора и усиливается его шунтирующее действие на контур УПЧ. Другим способом борьбы с этим видом искажений является правильный выбор $R_{вх.узч}$ (если это возможно):

$$R_{вх.узч} \geq \frac{m_{\max} R_H}{1 - m_{\max}}. \quad (2.14)$$

Для уменьшения нелинейных искажений и увеличения входного сопротивления часто используют схему АД с разделенной нагрузкой R_1, R_2 (см. рис. 4.1). Деление нагрузки приводит к уменьшению коэффициента передачи детектора, поскольку продетектированное напряжение снимается не со всего резистора R_H , а с его части (с резистора R_2):

$$K_{др} = K_d \frac{R_2^*}{R_1 + R_2^*}, \quad (2.15)$$

где $R_2^* = \frac{R_2 R_{вх.узч}}{R_2 + R_{вх.узч}}$ — эквивалентное сопротивление нижнего

плеча делителя для переменной составляющей. Уменьшение коэффициента включения детектора в контур УПЧ (без деления нагрузки) дает тот же эффект, но происходящее при этом уменьшение входного напряжения детектора приводит к появлению нелинейных искажений, характерных для работы в режиме малых сигналов.

В схеме рис. 2.1 сопротивление нагрузки детектора по-

стоянному току равно $R_H = R_1 + R_2$, а его значение выбирается из тех же соображений, что и для схемы с неразделенной нагрузкой. Сопротивление R_2 выбирают из условия отсутствия нелинейных искажений за счет разделительной цепи при $m \leq m_{\max}$:

$$R_2 \leq \frac{(1 - m_{\max})R_H}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4}{1 - m_{\max}} \cdot \frac{R_{\text{вх унч}}}{R_H}} \right), \quad (2.16)$$

а затем определяют значение $R_1 = R_H - R_2$.

В схеме рис. 4.1 входное сопротивление УЗЧ включено параллельно R_2 , в результате (при $R_2 < R_1$, что обычно имеет место) сопротивление нагрузки для переменного тока мало отличается от сопротивления постоянному току, а входное сопротивление АД практически определяется выражением (2.5).

Цепь $R_1 C_2$ (см. рис. 2.1) обеспечивает дополнительную фильтрацию напряжения промежуточной частоты. Емкость конденсатора C_2 определяют из выражения

$$C_2 \cong \frac{0,5 \dots 0,8}{f_{\text{ПР}} R_1}, \quad (2.17)$$

а затем определяют $C_1 = C_H - C_2$, где C_H определяется выражениями (4.7), (4.8). При выборе емкости C_2 необходимо учитывать емкость монтажа и входную емкость следующего каскада.

Коэффициент фильтрации напряжения промежуточной частоты в детекторе с разделенной нагрузкой равен

$$k_{\Phi} \cong \frac{C_1}{C_{\text{ак}} + C_{\text{М}}} \omega_{\text{ПР}} C_2 R_1. \quad (2.18)$$

Уменьшение сопротивления конденсаторов C_1 и C_2 с увеличением частоты F сигнала приводит к уменьшению коэффициента передачи АД, что является причиной частотных искажений на верхних частотах модуляции. Коэффициент частотных искажений на этих частотах для АД с разделенной нагрузкой равен

$$M_B \approx \sqrt{1 + (\Omega_B C_1 R_{iD})^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\Omega_B C_2 \frac{R_1 R_2}{R_H} \right)^2}, \quad (2.19)$$

где $R_{iD} = 1/g_{22D}$ – внутреннее динамическое сопротивление АД. Для детектора с неразделенной нагрузкой коэффициент частотных искажений определяется первым сомножителем выражения (4.19), где C_1 нужно заменить на C_H .

Как уже отмечалось, в схеме с разделенной нагрузкой, в частности, повышается входное сопротивление, в результате ослабляется шунтирующее действие входа АД на контур УПЧ. Если известно (задано) эквивалентное затухание $d_Э$ контура УПЧ, то коэффициент подключения m_2 детектора к контуру может быть определен из выражения

$$m_2 = \sqrt{\frac{(d_Э - d_K) R_{вх}}{\rho}}, \quad (2.20)$$

где d_K – конструктивное затухание контура УПЧ, $\rho = 1/2\pi f_{гр} C_K$ – характеристическое сопротивление контура. Если в результате вычислений получаем $m_2 > 1$, то принимаем $m_2 = 1$ и шунтируем контур резистором, проводимость которого выбирают равной

$$g_{ш} = \frac{d_Э - d_K}{\rho} - \frac{1}{R_{вх}}. \quad (2.21)$$

(Коэффициент включения $m_2 = M/L_K$, где M – взаимная индуктивность между L_K и $L_{св}$).

Разделительная емкость определяется по формуле (2.12), где вместо R_H подставляем R_2 .

2.2. Подготовить ответы на контрольные вопросы (см. раздел 5). Сделать заготовку отчета к лабораторной работе в соответствии с требованиями раздела 4 методических указаний.

3. Лабораторное задание

3.1. Изучить принципиальную схему АМ детектора радиоприемника «Рига-103». Зарисовать ее в отчет. Продумать методику измерений основных параметров АД.

Методические указания. Выделить на схеме элементы АД, отметить вход и выход детектора. Рассмотреть возможность изменения сопротивления и емкости нагрузки АД на лабораторном стенде.

3.2. Снять характеристику детектирования АД.

Методические указания. Установить переключатель диапазонов приемника в одно из положений, соответствующее приему АМ сигналов. На вход последнего каскада УПЧ подать немодулированное напряжение промежуточной частоты от ГВЧ. Подключить к входу АД милливольтметр переменного тока, а к выходу – вольтметр постоянного тока (УНЧ отключить). Включить питание стенда, подстроить ГВЧ по максимуму напряжения на входе АД. Снять характеристику детектирования АД, изменяя напряжение на его входе от 0 до 2 В и построить ее график. Отметить на характеристике границу линейного и нелинейного участков.

3.3. Снять зависимость коэффициента передачи АД от амплитуды на его входе.

Методические указания. Установить на выходе ГВЧ модулированное напряжение с частотой модуляции $F=1000$ Гц и глубиной модуляции $m=30\%$. Подключить к выходу АД милливольтметр переменного тока. Изменяя амплитуду несущей на входе АД от 0 до 2 В, снять зависимость амплитуды U_{Ω} на выходе АД от амплитуды U_{ω} несущей его на входе. Для каждого значения амплитуды рассчитать коэффициент передачи АД по переменному току $K_d=U_{\Omega}/mU_{\omega}$. Данные измерений и расчетов занести в таблицу. Построить график зависимости $K_d(U_{\omega})$.

3.4. Просмотреть на осциллографе появление нелинейных искажений, обусловленных нелинейностью характеристики детектирования.

Методические указания. Подключить к выходу АД осциллограф. Установить на входе АД модулированное напряжение с амплитудой несущей 1 В и частотой модуляции $F=1000$ Гц. Изменяя глубину модуляции от 0 до 100 %, наблюдать форму колебаний на выходе АД. Отметить значение коэффициента модуляции, при котором искажения становятся заметны. Зарисовать осциллограмму выходного напряжения АД с искажениями.

3.5. Просмотреть на осциллографе появление нелинейных искажений при увеличении инерционности нагрузки АД.

Методические указания. Подключить параллельно нагрузке дополнительную емкость $C_{\text{доп}} = 0,05$ мкФ. Установить на входе АД модулированное напряжение с амплитудой несущей $U_{\omega}=1$ В. Изменяя глубину модуляции от 0 до 100 %, наблюдать форму колебаний на выходе АД. Отметить значения коэффициента модуляции (для частот модуляции $F=1000$ Гц и $F=400$ Гц), при которых искажения становятся заметны. Зарисовать осциллограмму выходного напряжения АД с искажениями. Объяснить полученные результаты.

3.6. Просмотреть на осциллографе появление нелинейных искажений из-за влияния разделительной цепи, подключенной к выходу АД.

Методические указания. Подключить к выходу АД эквивалент разделительной цепи ($R_3=R_{\text{вх.унч}}=1$ кОм, $C_p=0,5...10$ мкФ). Установить на входе АД модулированное напряжение с частотой модуляции $F=1000$ Гц и амплитудой $U_{\omega}=0,5$ В, а затем $U_{\omega}=1$ В. Изменяя глубину модуляции от 0 до 100 %, наблюдать форму колебаний на выходе АД. Отметить значения коэффициента модуляции, при которых искажения становятся заметны. Зарисовать осциллограммы выходного

напряжения АД с искажениями. Объяснить полученные результаты.

3.7. Измерить коэффициент фильтрации напряжений промежуточной частоты.

Методические указания. Установить на входе АД немодулированное напряжение с амплитудой $U_{\omega} = 1\text{В}$ и частотой $f_{\text{пр}}$. Переключив милливольтметр на выход АД, измерить амплитуду напряжения промежуточной частоты на выходе $U_{\omega\text{вых}}$. Определить коэффициент фильтрации $K_{\text{Ф}} = U_{\omega\text{вых}} / U_{\omega}$.

4. Содержание отчета

1. Расчеты в соответствии с п. 2.1 домашнего задания.
2. Принципиальная схема детектора, исследуемого в лабораторной работе.
3. Таблицы, графики и осциллограммы, полученные при выполнении работы.
4. Краткие выводы по проделанной работе, содержащие анализ полученных результатов, сопоставление расчетных и экспериментальных данных с указанием возможных причин их расхождения.

5. Контрольные вопросы

1. Назначение АД в радиоприемнике, основные требования к АД.
2. Схема последовательного АД, назначение элементов, принцип действия, временные и спектральные диаграммы напряжений и токов.
3. Что называют характеристикой детектирования? Какие показатели АД можно определить по характеристике детектирования?
4. Что называется коэффициентом передачи АД? Как его рассчитать и измерить?
5. Какие причины могут вызвать появление нелинейных искажений в диодном детекторе амплитудно-модулированных сигналов?

6. Из каких соображений выбирают сопротивление резистора и емкость конденсатора нагрузки детектора? Каковы последствия неправильного выбора параметров нагрузки?

7. Что такое входное сопротивление АД? От чего зависит входное сопротивление АД?

8. Какие меры можно предпринять для повышения входного сопротивления АД?

9. От чего зависит угол отсечки тока диода АД и в каких пределах он изменяется?

10. Какие причины могут вызвать появление частотных искажений на нижних и на верхних частотах в диодном детекторе амплитудно-модулированных сигналов?

11. Для каких целей служит разделительная цепь от выхода детектора к первому каскаду УНЧ? Как она влияет на работу АД?

12. В чем преимущества и недостатки деления нагрузки детектора на две части?

13. Из каких соображений выбирается значение связи входа АД с контуром УПЧ?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов: учеб. пособие / К.Е. Румянцев. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 528 с.

2. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. пособие / Е.А. Колосовский. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 456 с.

3. Буга Н.Н. Радиоприемные устройства: учеб. пособие / Н.Н. Буга, А.И. Фалько, Н.И. Чистяков. М.: Радио и связь, 1986. 320 с.

4. Радиоприемные устройства: учебник / Под ред. В.И.Сифорова. М.: Сов. радио, 1974. 560 с.

5. Палшков В.В. Радиоприемные устройства: учеб. пособие / В.В. Палшков. М.: Радио и связь, 1984. 392 с.

6. Радиоприемные устройства: учебник / Под ред
А.Г.Зюко. М.: Связь, 1975. 400 с.

7. Чистяков Н.И. Радиоприемные устройства: учебник
Н.И.Чистяков, В.М.Сидоров. М.: Связь, 1974. 408 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Указания по технике безопасности.....	1
Лабораторная работа № 3. Исследование преобразователя частоты.....	1
Лабораторная работа № 4. Исследование амплитудного детектора.....	17
Библиографический список.....	31

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ
И АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам № 3, 4 по дисциплине «Устройства
приема и обработки сигналов» для студентов специальности
210302 «Радиотехника» очной, очно-заочной и заочной форм
обучения

Составители: Поликарпов Эдуард Дмитриевич
Бутенко Василий Васильевич
Хенкин Эдуард Абрамович

В авторской редакции

Компьютерный набор С.И. Заторкиной

Подписано в печать 01.12.2008.

Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л.2,0. Тираж 50 экз. «С» 475.

Заказ № 791

ГОУВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14