

Министерство образования и культуры Кыргызской Республики

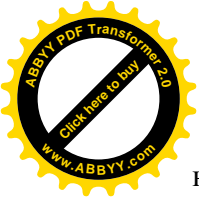
**Институт электроники и телекоммуникации при
Кыргызском государственном техническом университете
им. И. Раззакова**

Кафедра «Радиоэлектроника»

Изучение и измерение параметров частотного модулятора звука телевизионного передатчика.

Методическое указание к выполнению лабораторной работы по предмету «Радиопередающие устройства» для студентов всех форм обучения направления 550 400 «Телекоммуникации» специальности 550 400.02 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение».

Бишкек 2011 г.



Рассмотрено
на заседании кафедры
«Радиоэлектроники»
Протокол: № 2 ОТ 25.10.2011

Одобрено
учебно - методической
комиссией ИЭТ
Протокол: № 3 ОТ 24.11.2011



УДК.:

Составители: ЖУМАБАЕВ М.Ж., ЛАЗАРЕВ В.В.

«Изучение и измерение параметров частотного модулятора звука телевизионного передатчика ПДТ- 02.»: методические указания по измерению параметров частотного модулятора звукового сопровождения телевизионного передатчика с амплитудной модуляцией по дисциплине «Радиопередающие устройства» для студентов направления 550400 «Телекоммуникации» специальности 550400.02 «Радиосвязь радиовещание и телевидение» дневной и заочной форм обучения, / КГТУ им. И.Раззакова; Сост. М.Ж. Жумабаев, В.В. Лазарев:

Излагаются краткие теоретические сведения о передаче звукового сопровождения с помощью частотной модуляции в телевизионном передатчике ПДТ- 02, принцип его работы, методика по выполнению лабораторной работы и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов направления 550400 всех форм обучения.

Ил: 3; Табл. 1; Библиогр.: 3 наименов.

Рецензент: Каримов Б. Т.



Цель работы.

Целью работы являются изучение и измерение параметров частотных модуляторов радиопередающих устройств, принципов построения их функциональных схем и исследование модуляционной характеристики модулятора.

Домашнее задание

Изучить принципы получения частотной модуляции прямым способом.

1. Краткие теоретические сведения о частотной модуляции.

В телевизионных передатчиках метрового диапазона видеосигнал передаётся методом амплитудной модуляции, а звуковое сопровождение видеосигнала передаётся методом частотной модуляции.

Основным требованием к частотным модуляторам звука телевизионного передатчика является высокая линейность модуляционной характеристики которая позволяет получать на выходе частотного демодулятора малые нелинейные искажения звукового сопровождения.

В ЧМД зависимость девиации частоты на выходе модулятора от значения амплитуды модулирующего напряжения определяется выражением:

$$\omega(t) = \omega_n + \Delta\omega_{\max} \frac{U_{\Omega}(t)}{|U_{\Omega\max}|} \quad (1)$$

Где;

ω_n -несущая частота, Ω – модулирующий сигнал, $\Delta\omega_{\max}$ -девиация частоты

$U_{\Omega\max}$ -абсолютное максимальное значение напряжения НЧ сигнала при котором ω_n несущая частота изменяется на максимальное значение. Если ω_n несущая модулируется гармоническим сигналом, тогда:

$$\frac{U_{\Omega}(t)}{|U_{\Omega\max}|} = \frac{U_{\Omega} \cos_{\Omega} t}{U_{\Omega}} = \cos \Omega t$$

т.е $\omega(t) = \omega_n + \Delta\omega_{\max} \cdot \cos \Omega t$

или: $f(t) = f_H + f_{\max} \cos \Omega t = f_{HEC} + K_{ЧМД} * U_{\max} \cos \Omega t \quad (2)$

где: $K_{ЧМД} = \frac{\Delta f_{MAX}}{U_{MAX}}$ - коэффициент частотной модуляции или крутизна

модуляционной характеристики $\left[\frac{\Gamma_{\psi}}{B} \right]$.

Выражение (2) характеризует динамическую модуляционную характеристику частотного модулятора, которая должна иметь высокую линейность, чтобы нелинейные искажения модулирующего сигнала, вносимые в процессе модуляции, были минимальными. На практике динамическая модуляционная характеристика имеет нелинейный характер для эффективных значений девиации и модулирующего напряжения (Рис.1).

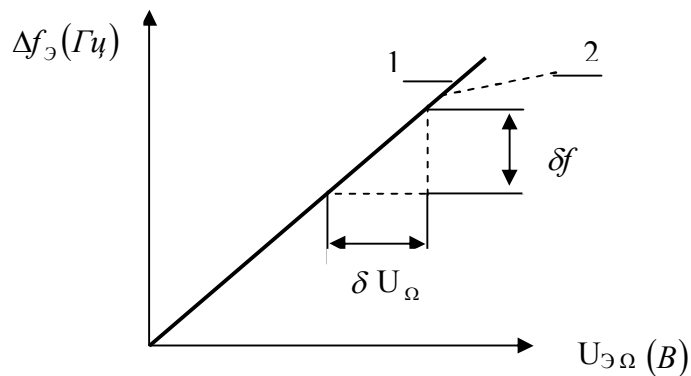


Рис.1.

1 – идеальная, 2 – реальная

Из линии 1 следует, что коэффициент частотной модуляции (крутизна модуляционной характеристики) линейно отражает как отношение напряжения девиации δf к приращению напряжения δU_{Ω} . Согласно рекомендации Международного Союза Электросвязи (МСЭ) максимальная девиация частоты Δf_{\max} модулятора передатчиков звукового вещания и модулятора звукового сопровождения ТВ передатчиков должна быть $\Delta f_{\Omega} = \pm 50 \text{ КГц}$ относительно несущей частоты. Полоса частот, занимаемая ЧМ сигналом определяется выражением :

$$\Delta f_{\text{ЧМ}} \cong 2F_B(1+m_э) \quad (3)$$

Где: $m_э = \frac{\Delta F_э}{F_B} \quad (4)$

$m_э$ – эффективный индекс модуляции ЧМ сигнала. Чем больше $m_э$ тем лучше помехоустойчивость сигнала. При $m_э \leq 1$ помехоустойчивость сигнала становится такой же как и АМ сигнала. По рекомендации МСЭ спектр частот звукового сопровождения ТВ сигнала включает полосу от $F_H = 50 \text{ Гц}$ до $F_B = 10 \text{ КГц}$.

2. Частотный модулятор звука.

Структурная схема звукового модулятора показана на **рис. 2.**

Передача звукового сопровождения в телевизионном передатчике производится с помощью отдельной поднесущей, отстоящей от несущей частоты телевизионного сигнала на 6.5 МГц . Звуковое сопровождение передается с помощью частотной модуляции поднесущей частоты. Принципиальная схема ЧМ автогенератора показана на **рис. №3а.**

Усиленный сигнал НЧ поступает на модулирующий вход автогенератора, настроенного на ПЧ звукового сопровождения. Далее идет усилитель ПЧ. При стандартном уровне входного сигнала НЧ $0,775 \text{ В}$ на выходе ЧМ генератора обеспечивается девиация несущей частоты $\pm 50 \text{ КГц}$. С помощью переменного резистора “девиация” происходит установка номинальной девиации частоты. В усилителе НЧ производится компенсация нелинейных искажений модулирующего сигнала, а также расположена RC цепь предискажений с постоянной времени $\tau = 50 \text{ мкс}$.

Цепь предискажений имеет АЧХ, увеличивающих уровень высокочастотных составляющих и уменьшающий уровень низкочастотных составляющих звукового сообщения на входе ЧМД, но общая мощность речевого сообщения при этом остаётся такой же.

В радиовещательном приёмнике устанавливается восстанавливающая RC цепь, имеющая обратную АЧХ по отношению к АЧХ предискажающей цепи. результирующий коэффициент передачи предискажающей и восстанавливающей цепей равно единице.

Известно, что высокочастотные составляющие спектра звукового сообщения намного ниже по уровню чем низкочастотные. Поэтому за счёт предусылающей цепи в среднем выравнивается помехоустойчивость всех составляющих спектра звукового сообщения при частотной модуляции.

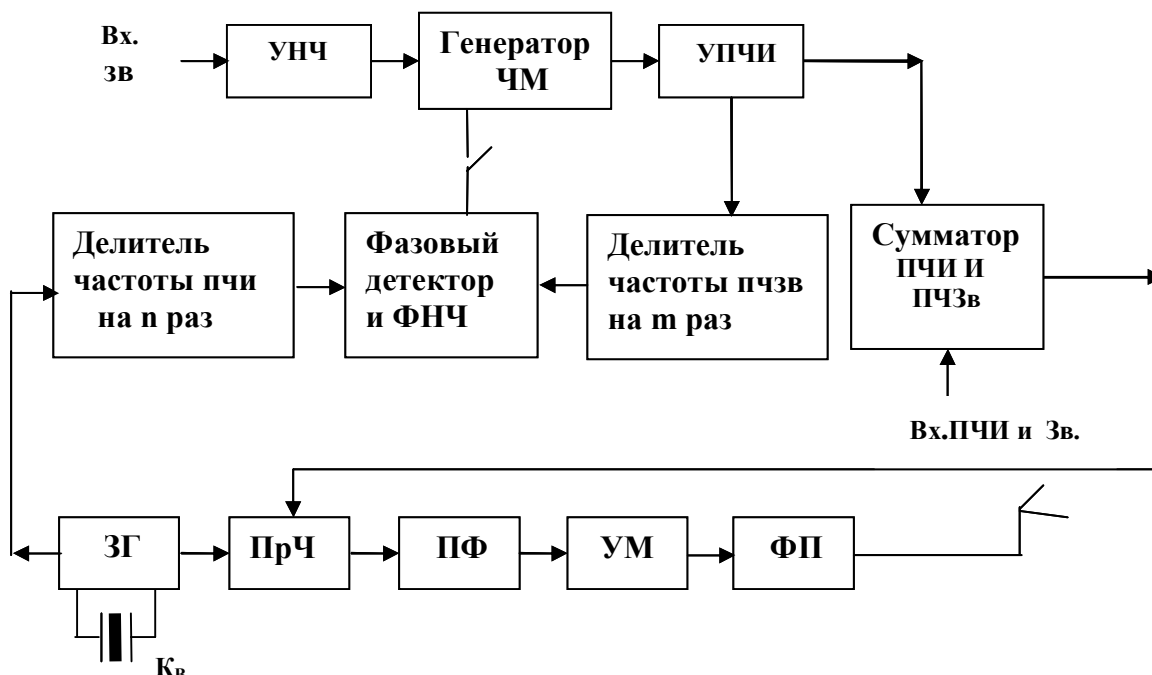


Рис. 2. Структурная схема модулятора звука с системой ФАПЧ.

Для устранения дестабилизирующих факторов (температура, нестабильность источников питания) на частоту ЧМ сигнала в модуляторе звуковом предусмотрена система ФАП средней частоты автогенератора с частотой генератора кварцевого, что позволило устранить нестабильность разностной частоты между сигналами ПЧИ и ПЧЗв. Для устранения уменьшения девиации частоты, вносимой системой ФАПЧ, автоподстройка частоты производится на субгармониках ЧМ сигнала, что обеспечивается выбором коэффициента деления делителя частоты ЧМ сигнала.

Система ФАПЧ см. рис.2 состоит из двух делителей частоты и фазового детектора. Опорная частота ПЧИ поступает на вход делителя частоты и делится на n раз и далее поступает на один из входов фазового детектора. ПЧЗв в свою очередь поступает на вход другого делителя частоты и делится своим делителем частоты на m раз и далее поступает на второй вход фазового детектора. Коэффициент деления делителей выбираются так, чтобы частоты на их выходах были одинаковы.

Разность фаз на выходе фазового детектора сравниваемых сигналов составляет от 0 до 2π радиан. Выходное напряжение фазового детектора представляет собой последовательность импульсов, скважность которых зависит от разности фаз сравниваемых сигналов. С фазового детектора сигнал проходит через фильтр НЧ после чего он через тумблер попадает на варикап, воздействуя на который изменяет частоту генератора под опорную частоту. В случае изменения частоты автогенератора происходит изменение выходного напряжения фазового напряжения и с помощью варикапа восстанавливается частота автогенератора. Для обеспечения первичной настройки контура автогенератора на промежуточную частоту звукового сопровождения предусмотрен тумблер, отключающий автоподстройку.

С выхода генератора ЧМ сигнал поступает на сумматор, обеспечивающий сложение радиосигналов изображения и звукового сопровождения.

Мощность сигнала ПЧ звукового сопровождения, который поступает на вход сумматора в 3 раза меньше, чем мощность сигнала ПЧ изображения, который поступает на другой вход сумматора. Это связано с тем, что помехоустойчивость при приёме ЧМ сигнала

в десять раз лучше, чем у АМ сигнала. Сложный сигнал (сумма сигналов ПЧ изображений звука) с выхода сумматора поступает на вход преобразователя частоты ПрЧ, а на другой вход ПрЧ поступает напряжение от задающего генератора (ЗГ) с частотой $f_{\text{пр}}$. На выходе ПрЧ выделяется смешанный сигнал с разностной частотой с несущими частотами $f_{\text{ЗГ}} - f_{\text{ПЧ.И}}$; $f_{\text{ЗГ}} - f_{\text{ПЧ.ЗВ}}$ и с разностной частотой с несущими частотами $f_{\text{ЗГ}} - f_{\text{ПЧ.И}}$; $f_{\text{ЗГ}} - f_{\text{ПЧ.ЗВ}}$ ($f_{\text{ПЧ.И}}$ несущая промежуточная частота изображения; $f_{\text{ПЧ.ЗВ}}$ несущая промежуточная частота звука). Полосовой фильтр (ПФ) с полосой пропускающей 8МГц пропускает только составляющую сложного сигнала с верхней боковой полосой. С выхода ПФ сложный сигнал подаётся на вход усилителя мощности (УМ), обеспечивающий необходимое для передатчика усиление. УМ является апериодическим, работающим в режиме класса «А» (угол отсечки $\theta = 180^\circ$) и за счёт нелинейности его амплитудной характеристики на выходе выделяются вторая и третья гармоники сложного радиосигнала, которые подавляются в фильтре гармоник (ФГ), выполненных на двух режекторных фильтрах, настроенных на соответствующие гармоники. Составляющие второй и третьей гармоник, являющиеся паразитными внеполосными излучениями передатчика и создают помехи другим радиосистемам. Подавление гармонических паразитных излучений передатчика должно быть не менее 60дБ по отношению к мощности излучаемого полезного сигнала. С выхода ФГ полезный сигнал через фидер поступает на передающую антенну.

Частотный модулятор на варикапе выполнен по электрической схеме показанной на рис.3а, а эквивалентная схема его показана на рис.3б.

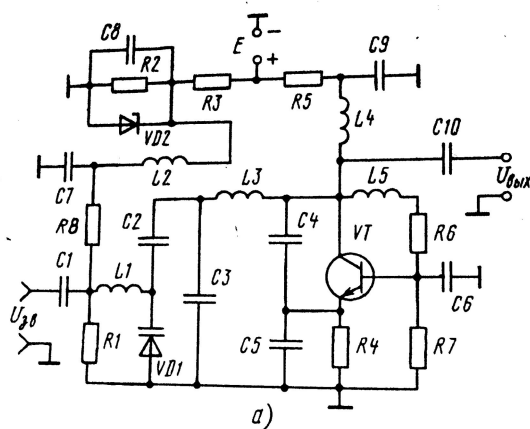


Рис. №3а Схема ЧМ автогенератора.

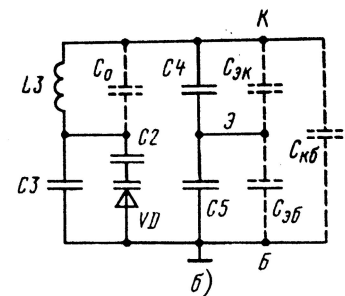


Рис. №3б Эквивалентная схема ЧМ АГ.

В этой схеме АГ выполнен, как ёмкостная трехточка. По высокой частоте база соединена с корпусом, т.е. транзистор в схеме АГ включен с ОБ. Положительная ОС создается ёмкостным делителем напряжения C4 и C5. Напряжение ОС поступает на резистор R4 в цепи эмиттера транзистора. Резонансная частота в основном определяется элементами контура L3 и C3. Управление частотой колебательной системы АГ осуществляет варикап Д1, который подключен параллельно ёмкости контура с помощью ёмкости связи C2. Через ёмкость C1 и дроссель L1 напряжение низкой частоты поступает на катод варикапа, при этом ёмкость варикапа изменяется в соответствии с амплитудой низкочастотного сигнала. Рабочая точка варикапа задаётся напряжением смещения, которое стабилизируется стабилитроном VD2. Напряжение на стабилитрон подаётся через делитель на резисторах R3 и R2, а на варикап стабилизированное напряжение подаётся через делитель на резисторах R8 и R1. Индуктивности L1, L2, L5 являются блокировочными по высокой частоте, индуктивность L4 является также блокирующей по высокой частоте, ёмкости C7, C8, C9 являются также блокировочными и, как и индуктивности, защищают источник питания от попадания в него переменного напряжения АГ. Сопротивления R6, R7 задают рабочую точку АГ.

На **Рис.№3б** изображена эквивалентная схема ЧМ АГ. Ёмкость C_0 учитывается, межвитковые ёмкости индуктивности L_3 , ёмкости $C_{эк}$ и $C_{эб}$ учитываются при расчёте АГ в составе ёмкостей C_4 и C_5 ёмкостного делителя. Ёмкость $C_{кб}$ включена параллельно всей колебательной системе АГ и учитывается также при расчёте АГ.

3. Домашнее задание.

Определить индекс модуляции m_ω и полосу передаваемого ЧМ сигнала при модуляции несущей сообщением звукового сопровождения, используя выражения (3) и (4).

4. Порядок выполнения лабораторной работы.

Схема лабораторной установки показана на **рис. №4**.

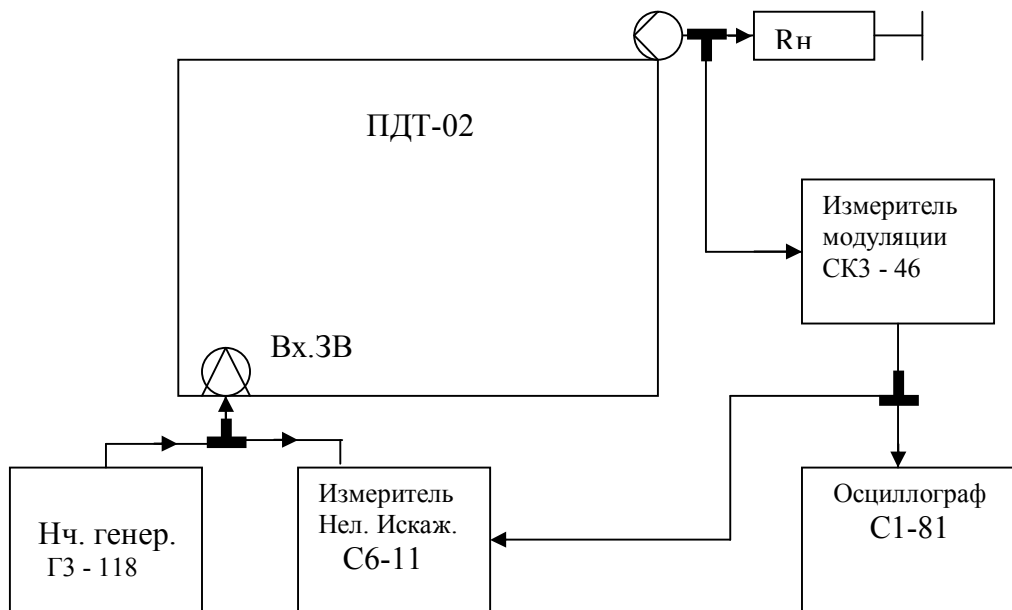


Рис.3 Схема лабораторной установки.

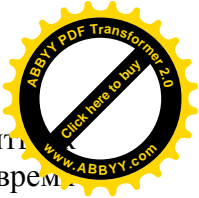
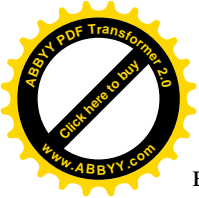
Приборы и оборудование, применяемые при выполнении лабораторной работы:

- Измеритель нелинейных искажений С6-11
- Осциллограф С1 – 81
- Генератор низкочастотный ГЗ – 118
- Измеритель модуляции АМ, ЧМ – СКЗ - 46
- R_n - передатчика 50 Ом, 10 Вт

Прежде чем провести лабораторную работу с помощью приборов, входящих в комплект данной работы, необходимо ознакомиться с правилами измерений по их инструкциям по эксплуатации на эти приборы. Любой прибор можно заменить на аналогичный.

Для исследования модуляционной характеристики необходимо выполнить следующие действия:

1. Выход генератора ГЗ-118 подключить к гнезду «Вход 3В.» передатчика ПДТ-02
2. Вход прибора измерителя частотной модуляции СКЗ-46 подключить к выходному гнезду ПДТ-02
3. Прибор С6-11 подключить к выходу генератора ГЗ-118 через тройниковый коаксиальный переход для установления уровня НЧ сигнала на входе передатчика.



4. Измеритель нелинейных искажений и осциллограф С61-81 подключить к выходному гнезду прибора СКЗ-46 через тройниковый коаксиальный переход во время измерения выходных параметров НЧ сигнала.
5. Включить все приборы и дать приборам прогреться в течение 10 минут.
6. Установите на выходе генератора ГЗ-118 частоту 1000Гц
7. Установите величину выходного напряжения генератора ГЗ-118 0дб (0.775В), вращая ручку генератора «установка выхода НЧ сигнала», контролируя напряжение прибором С6-11.
8. Подключить к выходному гнезду прибора С6-11 осциллограф С1-81 через тройниковый коаксиальный переход и проконтролировать форму сигнала во время проведения измерений.
9. Измерить $K_{г}$ - коэффициент гармоник НЧ и напряжение выходного сигнала с выхода СКЗ-46.
10. Измерить величину девиации по показаниям стрелочного прибора СКЗ-46.
11. Все измерения произвести нажимая поочередно кнопки «U» и «K_г» на приборе С6-11 соответственно, поочередно устанавливая с выхода генератора ГЗ-118 выходное напряжение НЧ, вращая ручку регулировки выходного сигнала генератора, устанавливая следующие напряжения:
0.1В, 0.2В, 0.3В, 0.4В, 0.5В, 0.6В, 0.775В, 1.0В, 1.2В.
12. Повторить все измерения для выходных напряжений генератора ГЗ-118 согласно п.11 на частоте 10КГц
13. Результаты измерений по п.п.11 и 12 занести в таблицу 1 и по результатам измерений построить графики модуляционных характеристик.
14. На основе результатов измерений девиации частоты по пп 10 и 12 определить полосу частот ЧМ сигнала на выходе передатчика для частоты $F_{в} = 10КГц$ для всех значений напряжения низкочастотного сигнала на входе ЧМД.
15. Построить график зависимости $\Delta f_{чм} = \Psi(U_{\Omega})$ и $\Delta f_{чм} = \Psi(U_{эд})$.
16. Определить крутизну частотной модуляционной характеристики по экспериментальному графику $\Delta f_{чм} = \Psi(U_{с})$.

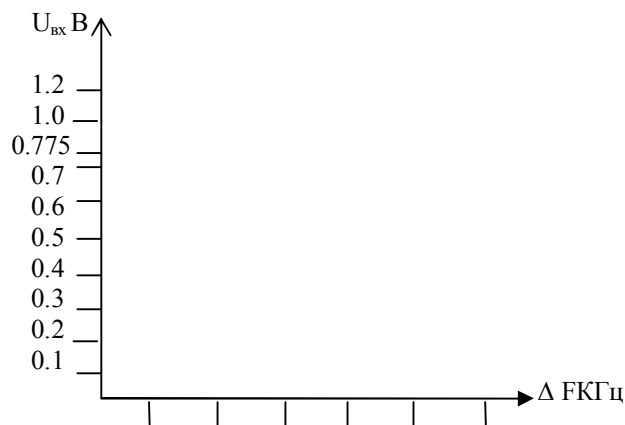


График модуляционной характеристики.

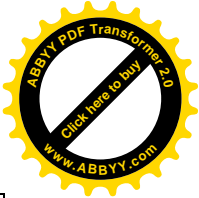


Таблица №1

$U_{\text{вых В}}$ ГЗ - 118	$U_{\text{вых В}}$ СКЗ-46	$F_{\text{Гц}}$ ГЗ-118	ΔF_1 К Гц	Кг %	$F_{\text{Гц}}$ ГЗ-118	ΔF_2 К Гц	Кг %
0.1		1000			10000		
0.2		1000			10000		
0.3		1000			10000		
0.4		1000			10000		
0.5		1000			10000		
0.6		1000			10000		
0.775		1000			10000		
1,0		1000			10000		
1.2		1000			10000		

5. Содержание отчета

- 2.1 Результаты теоретических и экспериментальных данных в виде таблиц и графиков.
- 2.2. Выводы по результатам лабораторной работы.

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Требования, предъявляемые к модуляционной характеристике.
- 6.2. Как определить крутизну модуляционной характеристики?
- 6.3. От какого параметра сигнала зависит девиация частоты на выходе частотного модулятора?
- 6.4. С помощью, каких электронных приборов осуществляется расстройка колебательного контура при подаче НЧ сигнала относительно несущей частоты автогенератора?
- 6.5. Как можно определить полосу частот занимаемой ЧМ сигналом?
- 6.6. Как можно определить модуляции ЧМ сигнала?
- 6.7. Какую функцию выполняет предсказывающая RC цепь установленная на входе ЧМД звука?
- 6.8. Какой вид реактивности выполняет варикап на **рис.3а**?
- 6.9. Почему генератор принципиальная схема которого показана на **рис.3а**, называется ёмкостной трёхточкой?

Библиографический список.

1. Шахгильдян В.В.

Проектирование радиопередающих устройств. М.: Связь, 2000г.

2. Шахгильдян В.В.

Радиопередающие устройства. М.: Связь, 2003г.

3. Окунь Б.Л.

Радиопередающие устройства. М.: Связь 1980г.



Оглавление

1. Цель работы	3
2. Домашнее задание	3
3. Краткие теоретические сведения о частотной модуляции	3
4. Частотный модулятор звука	4
5. Домашнее задание	7
6. Порядок выполнения лабораторной работы	7
7. Содержание отчета	9
8. Контрольные вопросы	9
9. Библиографический список	10