

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР**

**КУЯБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА**

ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

КУЯБЫШЕВ 1982

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ
ИНСТИТУТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА

Л И Н Е Й Н Ы Е Ц Е П И И С И Г Н А Л Ы

Методические указания к лабораторным работам
по курсу "Основы радиоэлектроники"

Куйбышев 1982

УДК 621.39

Методические указания включают 3 лабораторные работы по курсу "Основы радиоэлектроники", изучаемому студентами дневного и вечернего отделений специальности 0705, и охватывают раздел "Сигналы и теория линейных радиотехнических цепей". Описание каждой работы содержит задание, рекомендации по подготовке к выполнению задания, контрольные вопросы.

Составители: Л.М.Д о г в и н о в, Р.А.Б е р е ж н а я,
Н.А.М а л ы г и н

Рецензенты: В.В.М о т о в, Е.А.М у ш т а к о в

Утверждены на редакционно-издательском
совете института 12.12.81

Курс "Основы радиозлектроники" читается студентам дневного и вечернего отделений в течение 4-х семестров и содержит следующие разделы:

1. Сигналы. Теория линейных радиотехнических цепей.
2. Усилители сигналов.
3. Импульсная и цифровая техника.
4. Радиоприемные устройства.
5. Радиопередающие устройства.
6. Микросхемотехника и микропроцессорные устройства (только для студентов дневного отделения).

Настоящие методические указания охватывают 3 лабораторные работы по первому разделу курса.

Лабораторные работы расположены в порядке изучения материалов теоретического курса и проводятся фронтальным методом.

Все описания имеют одинаковую структуру и используют принятую при изучении теоретического курса систему обозначений. К каждой работе поставлен ряд контрольных вопросов, имеющих целью обратить внимание студентов на некоторые физические явления и на практические выводы, вытекающие из проведенного исследования. Эти вопросы служат основой для контроля знаний при защите лабораторных работ.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Все лабораторные занятия проводятся строго по расписанию.
2. Каждая группа заранее разбивается на бригады (по 3-4 человека).
3. До прихода на занятие каждый студент обязан изучить описание лабораторной работы, уяснить задачу и порядок ее выполнения.

4. Выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента, которая проводится преподавателем.

5. Студенты, допущенные к лабораторной работе, выполняют ее руководствуясь описанием и придерживаясь рекомендованного порядка.

6. Работа считается оконченной, когда результаты проверены и подписаны преподавателем.

7. По окончании работы студенты должны выключить источники питания и убрать свое рабочее место.

8. Каждый студент оформляет отчет, который должен содержать:

название лабораторной работы;

принципиальную (функциональную) схему лабораторной установки;

таблицы экспериментальных данных, полученных в процессе выполнения лабораторной работы;

графики, построенные на основании полученных данных;

расчеты, выполненные на основании эксперимента;

выводы по проделанной работе.

9. Защита лабораторных работ производится студентами в строго индивидуальном порядке. При защите студент должен проанализировать и согласовать с теорией полученные результаты, уметь применить приобретенные практические навыки.

10. Окончательная оценка по лабораторной работе выставляется на основании предварительного опроса, качества выполнения работы в лаборатории и защиты лабораторной работы.

11. Студенты, получившие неудовлетворительную оценку, к следующей работе не допускаются.

12. Семестровый зачет по лабораторным работам выставляется на основании зачетов по всем выполненным работам.

13. Студенты, не допущенные к работам или пропустившие занятия в лаборатории, выполняют работу в конце семестра на дополнительных занятиях.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, РАБОТАЮЩИХ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Каждый студент, работающий в лаборатории, обязан руководст-

воваться настоящей инструкцией и всеми дополнительными указаниями преподавателя о соблюдении мер безопасности.

2. Учебные работы в лаборатории без преподавателя и лаборанта выполнять не разрешается.

3. Перед выполнением задания необходимо ознакомиться с описанием и схемой установки, обратив особое внимание на цепи, находящиеся под высоким напряжением.

4. Необходимые в процессе работы изменения в схеме должны производиться при выключенном напряжении.

5. При включении высокого напряжения необходимо предупредить об этом остальных участников работы.

6. Воспрещается оставлять без надзора выключенные установки.

7. Воспрещается касаться руками или какими-либо незащищенными предметами проводов и деталей, находящихся под напряжением.

8. При обнаружении неисправности студенты обязаны немедленно прекратить работу и сообщить преподавателю или лаборанту о случившемся.

9. Необходимо помнить, что соблюдение полного порядка в лаборатории является важным элементом безопасности.

10. Студенты, не выполняющие правил безопасности, из лаборатории удаляются.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА В СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Ц е л ь р а б о т ы – исследование резонансной системы двух связанных колебательных контуров при изменении связи между ними.

З А Д А Н И Е

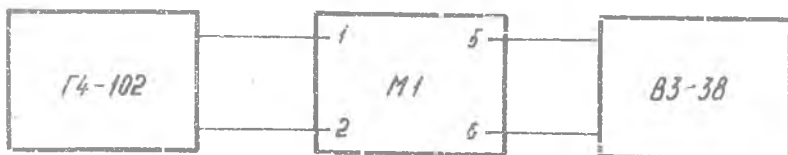
С помощью генератора стандартных сигналов Г4-102 и лампового милливольтметра ВЗ-38 снять резонансные кривые системы 2-х связанных колебательных контуров для трех значений фактора связи:

- 1) $KQ < 1$;
- 2) $KQ = 1$;
- 3) $KQ > 1$.

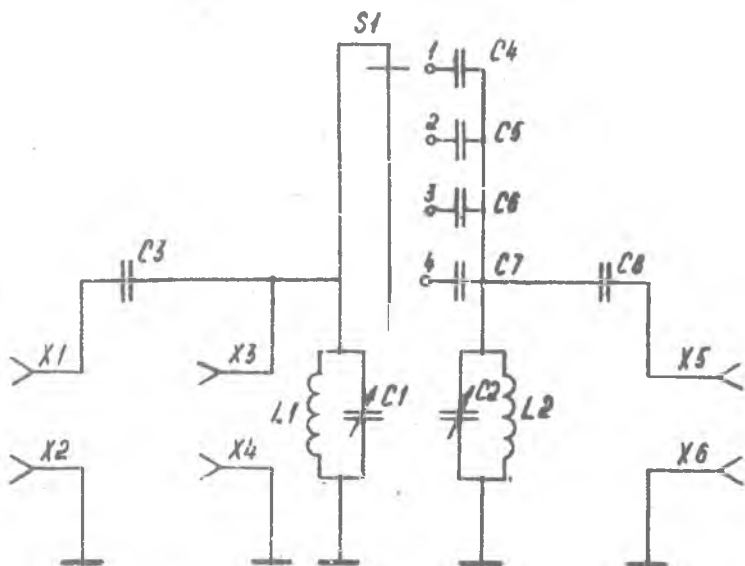
О П И С А Н И Е Л А Б О Р А Т О Р Н О Й У С Т А Н О В К И

Лабораторная установка для исследования резонанса в системе связанных контуров содержит лабораторный макет М1, генератор стандартных сигналов типа Г4-102 и ламповый вольтметр ВЗ-38.

Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. I.1, а принципиальная схема лабораторного макета – на рис. I.2.



Р и с. I.1



Р и с. I.2

Лабораторный макет представляет собой систему двух связанных контуров с внешней емкостной связью. Связь изменяется при изменении положения переключателя ($S I$).

П о р я д о к в ы п о л н е н и я р а б о т ы

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. I.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы Г4-102, ВЗ-38 к работе.
3. Установить частоту генератора Г4-102 равной $f = 465$ кГц, амплитуду равной $U_{вк} = 1$ В.
4. Подключить вольтметр на выходные гнезда первого колебательного контура (3-4).
5. Установить переключатель ($S I$) в положение "I". Изменяя величину емкости $C1$, настроить первый колебательный контур в резонанс.

6. Подключить вольтметр на выходные гнезда второго колебательного контура (5-6).
7. Установить переключатель ($S I$) в положение "2".
8. Изменяя величину емкости C_2 , настроить второй колебательный контур в резонанс.
9. Изменяя частоту генератора в пределах ± 50 кГц от резонансной частоты через 5 кГц, снять резонансные кривые системы связанных контуров ($U_{вк} = 1$ В).
10. Установить переключатель ($S I$) в положение "3" и повторить пункт 9.
11. Установить переключатель ($S I$) в положение "4" и повторить пункт 9.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Резонансная частота, добротность, характеристическое сопротивление и резонансные характеристики одиночного последовательно-го и параллельного контура. Влияние конструктивных параметров на основные характеристики резонансных систем.
2. Векторные диаграммы токов и напряжений в последовательном колебательном контуре.
3. Виды связи между контурами. Коэффициент связи. Конструкция элементов связи между контурами.
4. Обобщенная схема двухконтурной системы. Вносимые активное и реактивное сопротивление.
5. Настройка двухконтурной системы: частный, сложный и полный резонансы.
6. Резонансные кривые двухконтурной системы.
7. Энергетические соотношения в двухконтурной системе.
8. Особенности конструкции колебательных систем различного диапазона частот.

Л и т е р а т у р а

1. З е р н о в Н.В., К а р п о в В.Г. Теория радиотехнических цепей. М.: Энергия, 1965.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Цель работы - ознакомление со спектральными свойствами периодической последовательности прямоугольных импульсов при изменении их параметров.

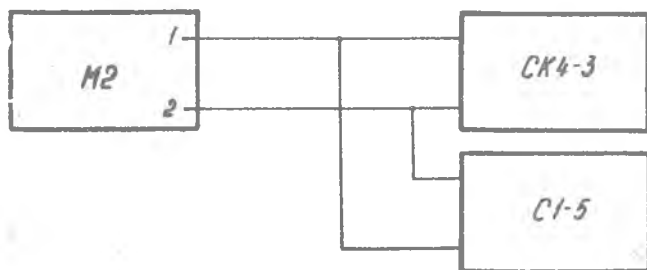
З а д а н и е

С помощью анализатора спектра СК4-3 зарисовать спектры периодической последовательности прямоугольных импульсов с указанием масштаба частоты со следующими параметрами:

1. $T = 70 \text{ мкс}$ 2. $T = 70 \text{ мкс}$
 $F_1 = 1500 \text{ Гц}$ $F_1 = 750 \text{ Гц}$
3. $T = 90 \text{ мкс}$
 $F_1 = 750 \text{ Гц}$

О п и с а н и е л а б о р а т о р н о й у с т а н о в к и

Лабораторная установка содержит макет М2, блок питания, анализатор спектра СК4-3 и осциллограф С1-5. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 2.1, а принципиальная схема лабораторного макета - на рис.2.2.



Р и с . 2.1

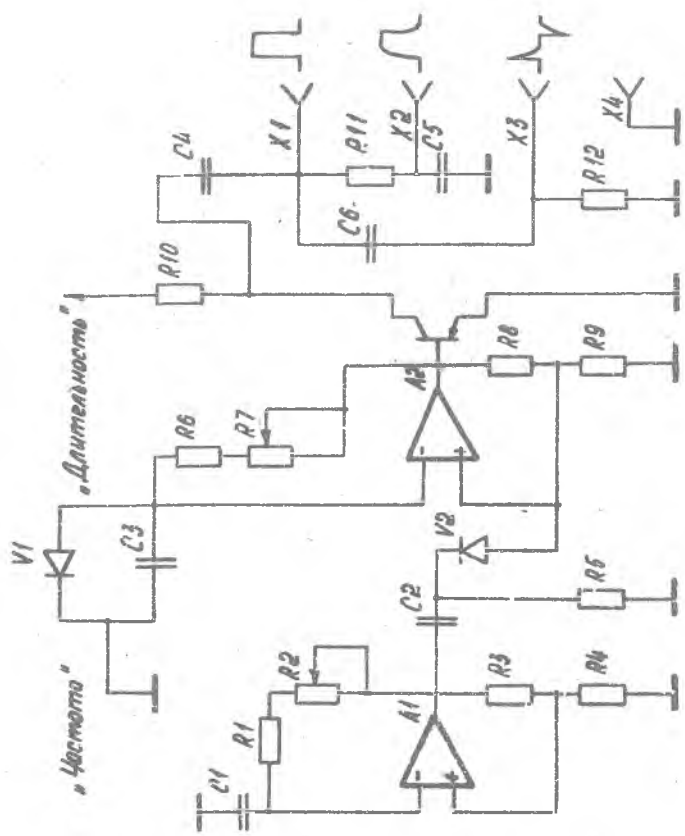


Рис. 2.2

Принцип работы лабораторной установки - следующий. С макета М2, представляющего собой генератор прямоугольных импульсов, сигнал подается на анализатор СК4-3 и осциллограф СИ-5. Генератор собран на двух микросхемах К1УТ401. На первой микросхеме собран автогенератор запускающих импульсов. Импульсы дифференцируются цепочкой С2 R5 и поступают на диод V2, где срезается положительная часть дифференцированного импульса. Полученный импульс запускает мультивибратор, собранный на микросхеме А2. Частота следования импульсов регулируется потенциометром В2, а длительность - R7.

П о р я д о к в ы п о л н е н и я р а б о т ы

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис.2.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы СК4-3, СИ-5 к работе.
3. Установить частоту следования импульсов равной $f_f = 1500$ Гц и длительность 70 мкс. Форму сигнала наблюдать по осциллографу.
4. Установить ручку переключателя рода работ анализатора спектра в положение "Спектр", ручку "Делитель" - в положение "J", ручку "Усиление по вертикали" - на максимальное усиление. Для удобства наблюдения осциллограммы установить масштаб развертки равным 20 мГц, "время анализа" - 45 с.
С помощью ручки "Смещение по вертикали" установить линию развертки на 2 см ниже нуля шкалы.
5. Измерить амплитуду гармонических составляющих, частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.
6. Установить частоту следования импульсов $f_f = 750$ Гц, $\tau = 70$ мкс и повторить п.5.
7. Установить $\tau = 90$ мкс, $f_f = 750$ Гц и повторить п.5.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Представление периодической функции рядом Фурье в тригонометрической и комплексной форме. Соотношение между этими представлениями.
2. Особенности спектров четных и нечетных функций.
3. Спектр последовательности прямоугольных видеосимпульсов.

4. Изменение амплитудно-частотного спектра последовательности прямоугольных импульсов при изменении их длительности и частоты повторения.

5. Распределение мощности в спектре периодического сигнала. Свойство аддитивности.

6. Спектр периодического сигнала. Связь между спектрами непериодического и периодического сигнала, полученного из непериодического путем продолжения его с некоторым периодом.

7. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала.

8. Связь между временными и спектральными характеристиками сигнала.

9. Спектр одиночного прямоугольного импульса.

10. Спектр единичного скачка напряжения.

11. Спектр дельта-функции.

Л и т е р а т у р а

1. У ш а к о в В.Н. Основы радиозлектроники и радиотехнические устройства. М.:Высшая школа, 1976.
2. Г о н о р о в с к и й И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Ч.1. М.: Советское радио, 1966.
3. З е р н о в Н.В., К а р п о в В.Г. Теория радиотехнических цепей. М.:Энергия, 1965.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ РАДИОСИГНАЛОВ

Ц е л ь р а б о т ы - ознакомление со спектральными свойствами амплитудно- и частотно-модулированных колебаний при изменении параметров модулирующего сигнала.

З а д а н и е

С помощью анализатора спектра СК4-3 зарисовать спектры сигналов с указанием масштаба частоты следующего вида:

1. Амплитудно-модулированного колебания со следующими параметрами

I	II	III
$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$
$F = 1 \text{ кГц}$	$F = 2 \text{ кГц}$	$F = 2 \text{ кГц}$
$M = 50 \%$	$M = 50 \%$	$M = 80 \%$

2. Частотно-модулированного колебания со следующими параметрами

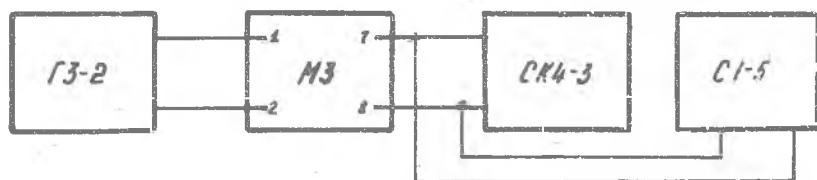
I	II	III	IV
$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$
$F = 2 \text{ кГц}$	$F = 2 \text{ кГц}$	$F = 1 \text{ кГц}$	$F = 1 \text{ кГц}$
$m_{\text{ЭМ}} = 0,5$	$m_{\text{ЭМ}} = 1$	$m_{\text{ЭМ}} = 1$	$m_{\text{ЭМ}} = 3$

О п и с а н и е л а б о р а т о р н о й у с т а н о в к и

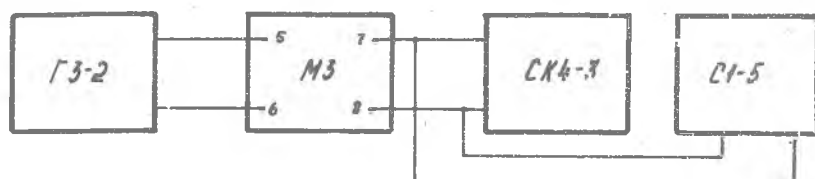
Лабораторная установка для исследования спектров АМ и ЧМ колебаний содержит лабораторный макет МЗ, блок питания, генератор стандартных сигналов типа ГЗ-2, анализатор спектра СК4-3, осциллограф СИ-5 и вольтметр ВЗ-36.

Блок-схема лабораторной установки для исследования спектров ЧМ сигналов приведена на рис. 3.1, для исследования спектров АМ сигналор - на рис. 3.2, а принципиальная схема - на рис. 3.3.

Задающий генератор собран на операционном усилителе К1УТ401А по схеме моста Вина, в котором вместо резисторов включены полевые транзисторы, на затворы которых подается модулирующее напряжение.



Р и с. 3.1



Р и с. 3.2

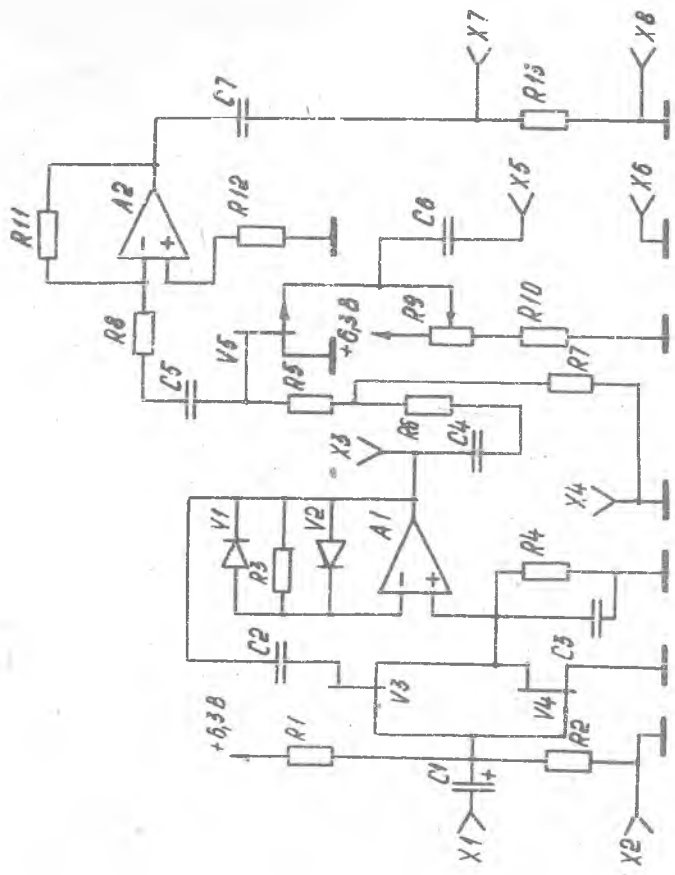
Под действием модулирующего сигнала изменяется сопротивление каналов полевых транзисторов, что приводит к изменению частоты.

При исследовании спектров АМ колебания частотный модулятор используется как генератор синусоидальных колебаний несущей частоты. Модулятор собран на полевом транзисторе V_5 типа КП103. Модулирующий сигнал через разделительную емкость подается на затвор транзистора V_5 . Выходным каскадом является эмиттерный повторитель, собранный на операционном усилителе К1УТ401А.

П о р я д о к в ы п о л н е н и я
р а б о т

Внимание!

Подавать напряжение выше 4 В на входы $(x1 + x2)$ и $(x3 + x4)$ категорически воспрещается: это приведет к выходу из строя полевых транзисторов!



Р и с. 3.3

И с с л е д о в а н и е с п е к т р о в А М к о л е б а н и й

1. Собрать установку согласно блок-схеме (см.рис.3.2).
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-2, СК4-3 и СИ-5 к работе.
3. С выхода генератора ГЗ-2 подать на вход АМ сигнал с частотой $\mathcal{F} = 1$ кГц. Изменяя напряжение выхода генератора, добиться коэффициента глубины модуляции $M = 50\%$ ($M = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$).
4. Подключить анализатор спектра СК4-3 к выходу макета. Установить ручку переключателя рода работ в положение "Спектр", ручку "Делитель" - в положение "I", ручку "Усиление по вертикали" - на максимальное усиление. Для удобства наблюдения установить масштаб развертки равным 20 кГц, время анализа - 45 с.
5. Подать с выхода макета модулированный сигнал на вход СК4-3. Измерить амплитуды гармонических составляющих, частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.
6. Установить модулирующую частоту $\mathcal{F} = 2$ кГц, $M = 50\%$ и повторить п.5.
7. Установить коэффициент глубины модуляции $M = 80\%$, $\mathcal{F} = 2$ кГц и повторить п.5.

И с с л е д о в а н и е с п е к т р о в Ч М к о л е б а н и й

1. Собрать установку согласно блок-схеме (см.рис.3.1).
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-2, СК4-3, ВЗ-38, СИ-5 к работе.
3. Подключить анализатор спектра СК4-3 к выходу макета. Установить ручку переключателя рода работ в положение "Спектр", ручку "Делитель" - в положение "I", масштаб развертки - 20 кГц, время анализа - 45 с.
С помощью ручки "Смещение по вертикали" установить линию развертки на 2 см ниже нуля шкалы. С помощью ручек "Усиление" и "Смещение по горизонтали" установить длину линии развертки равной 10 см.
4. Установить частоту генератора ГЗ-2 равной 2 кГц, индекс модуляции $m_{\text{ин}} = 0,5$. Индекс модуляции устанавливается изменением

девиации частоты, которая зависит от амплитуды модулирующего сигнала, в соответствии с таблицей, приведенной на передней панели макета.

5. Подать с выхода макета модулирующий сигнал на вход СК4-3; измерить амплитуды гармонических составляющих, частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.

6. Установить частоту генератора $\mathcal{F} = 2$ кГц, $m_{гн} = 1$ и повторить п.5.

7. Установить частоту генератора $\mathcal{F} = 1$ кГц, $m_{гн} = 1$ и повторить п.5.

8. Установить частоту генератора $\mathcal{F} = 1$ кГц, $m_{гн} = 5$ и повторить п.5.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Амплитудная модуляция. Энергетические соотношения при АМ.
2. Спектр АМ колебаний при гармонической модуляции.
3. Векторная диаграмма АМ колебаний.
4. Угловая модуляция. Связь между частотной и фазовой модуляциями.
5. Частотная и фазовая модуляция простым гармоническим сигналом.
6. Спектр колебания при гармонической угловой модуляции для индекса модуляции $m_{гн} < 1$.
7. Векторная диаграмма угловой модуляции при $m_{гн} < 1$.
8. Спектр колебания при гармонической угловой модуляции для случая $m_{гн} > 1$.
9. Спектральные диаграммы для различных частот модуляции Ω при $\omega_d = const$.
10. Спектральные диаграммы для различных значений ω_d при $\Omega = const$.
11. Особенности конструкций АМ и ЧМ модуляторов.
12. Влияние конструктивных параметров на основные характеристики АМ и ЧМ модуляторов.

Л и т е р а т у р а

1. Г о н о р о в с к и й И.С. Радиотехнические цепи и сигналы.

- Ч.И. М.: Советское радио, 1966.
2. Ушаков В.Н. Основы радиозлектронки и радиотехнические устройства. М.: Высшая школа, 1976.
 3. Зернов Н.В., Карпов В.Г. Теория радиотехнических цепей. М.: Энергия, 1965.

С о д е р ж а н и е

1. Предисловие	3
2. Правила выполнения работ в лаборатории ...	3
3. Правила безопасности для студентов, работающих в лаборатории	4
4. Работа № 1. Исследование резонанса в сложных электрических цепях	6
5. Работа № 2. Исследование спектров периодических сигналов	9
6. Работа № 3. Исследование спектров радиосигналов	13

Составители: Леонид Митрофанович Логвинов, Ритта Алексеевна
Бережная, Николай Александрович Малыгин

ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Методические указания к лабораторным работам
по курсу "Основы радиосэлектроники"

Редактор Н.В.К а с а т к и н а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Е.Г.Ф и л и п п о в а

Подписано в печать 29.12.82 г. Формат 60x84 ¹/₁₆ .

Бумага белая оберточная. Печать оперативная.

Усл.п.л. I,16. Уч.-изд.л. I,0. Тираж 400 экз.

Заказ № 1095 Бесплатно .

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт им.С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Молодогвардейская, 151.
Областная тип. им.В.П.Мяги, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.