

**Ю. С. БЫХОВСКИЙ,
М. А. БЕРЕЖНАЯ**

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Лабораторный практикум

1972

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
им. С. П. КОРОЛЕВА

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЧАСТЬ I

КУЙБЫШЕВ 1972

Ответственный редактор — доц. Г. В. Абрамов

ПРЕДИСЛОВИЕ

В течение последних двух лет большинство лабораторных работ по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы» было модернизировано, а часть работ была поставлена заново. Это потребовало создания новых руководств. Было решено создать единое методическое описание лабораторного практикума, охватывающего все работы курса «Радиотехнические цепи и сигналы».

Методическое описание содержит 11 описаний лабораторных работ и 12 приложений.

Лабораторные работы расположены в порядке изучения студентами разделов теоретического курса.

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, а также могущих служить основой для контроля знаний при защите лабораторных работ.

В приложениях 1—12 кратко описаны устройства и правила пользования основными измерительными приборами: ламповыми вольтметрами ВК7-3 и ВЛУ-2, генераторами стандартных сигналов Г4-1А, ГЗ-7А, ГЗ-2, электронным осциллографом С1-5, анализатором спектра СК4-2, универсальным блоком питания.

Необходимость включения этих приложений в «Лабораторный практикум» обусловлена отсутствием краткого описания приборов в учебной литературе.

При написании «Лабораторного практикума» в некоторой степени были использованы описания лабораторных работ, разработанные в Куйбышевском авиационном институте, МАИ, МЭИ, МЭИСе и некоторых других ВУЗах.



ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Все лабораторные занятия проводятся строго по расписанию.

2. Каждая группа заранее разбивается на бригады (по 2—3 человека в одной бригаде).

3. До прихода на занятие каждый студент обязан: изучить описание лабораторной работы, уяснить задачу и порядок ее выполнения;

выполнить весь объем домашней подготовки, указанный в описаниях соответствующих лабораторных работ.

4. Выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента, которая производится преподавателем. Студенты, не подготовившиеся к лабораторной работе, не допускаются к ее выполнению.

5. Студенты, допущенные к выполнению лабораторной работы, делают ее, руководствуясь описанием и придерживаясь рекомендованного порядка.

6. Окончив измерения по какому-либо пункту задания, необходимо, построив графики, проанализировать полученные результаты, убедиться в совпадении их с теоретическими предположениями или выяснить причину расхождений.

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

8. По окончании работы студенты должны выключить источники питания, убрать свое рабочее место.

9. Отчет оформляется каждым студентом и должен содержать:

название лабораторной работы;

принципиальную (функциональную) схему лабораторной установки;

таблицы экспериментальных данных, полученных в процессе выполнения лабораторной работы;

графики (на миллиметровке), построенные на основании полученных данных;

расчеты, выполненные на основании эксперимента;

результаты выполнения домашнего задания;

обобщение и выводы по проделанной работе.

10. Защита лабораторных работ производится студентами в строго индивидуальном порядке. К защите не допускаются работы, содержащие принципиально неверные результаты, незавершённые или небрежно выполненные.

К последующему лабораторному занятию студент допускается, если он имеет не более одной выполненной, но не защищенной работы. Студент, не представивший отчета по лабораторной работе, к следующему занятию не допускается.

11. При защите студент должен проанализировать и сопоставить с теорией полученные результаты, показать умение производить расчеты, содержащиеся в работе, и уметь применить приобретенные практические навыки в аналогичных задачах.

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

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

14. Студенты, не допущенные к работе 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 руководствоваться 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. Студент, включающий высокое напряжение, обязан предупреждать об этом остальных участников работы.

6. Воспрещается оставлять без надзора включенные установки.

7. Воспрещается касаться руками или какими-либо незаземленными предметами проводов и деталей, находящихся под высоким 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 правилом безопасности.

10. Студенты, не выполняющие правил безопасности, будут удаляться из лаборатории.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Цель работы состоит в исследовании спектральных свойств периодических сигналов различной формы при изменении их параметров.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе рассчитать и построить амплитудно-частотные и фазочастотные спектры периодической последовательности прямоугольных импульсов по следующим данным:

$$E = 5,0 \text{ в}$$

$$E = 5,0 \text{ в}$$

$$E = 5,0 \text{ в}$$

$$1. \tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$$

$$2. \tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$$

$$3. \tau_{\text{имп}} = 90 \text{ мксек}$$

$$F_1 = 1,5 \text{ кГц}$$

$$F_1 = 750 \text{ Гц}$$

$$F_1 = 750 \text{ Гц}$$

где F_1 — частота следования импульсов.

Спектры сигналов необходимо строить на отдельных графиках в диапазоне частот от 0 до частоты, равной удвоенной ширине спектра. Масштаб амплитуды и частоты на всех графиках должен быть одинаковым.

При выполнении лабораторной работы с помощью анализатора спектра СК4-3 зарисовать с указанием масштаба частоты спектры сигналов следующего вида.

1. Периодической последовательности прямоугольных импульсов с параметрами, указанными в домашнем задании.

2. Интегрированных импульсов с $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$,
 $F_1 = 1,5 \text{ кГц}$,
3. Дифференцированных импульсов с $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$,
 $F_1 = 1,5 \text{ кГц}$.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет M_1 , генератор стандартных сигналов ГЗ-7А, анализатор спектра СК4-3 и осциллограф С1-5. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 1.1, а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 1.2.

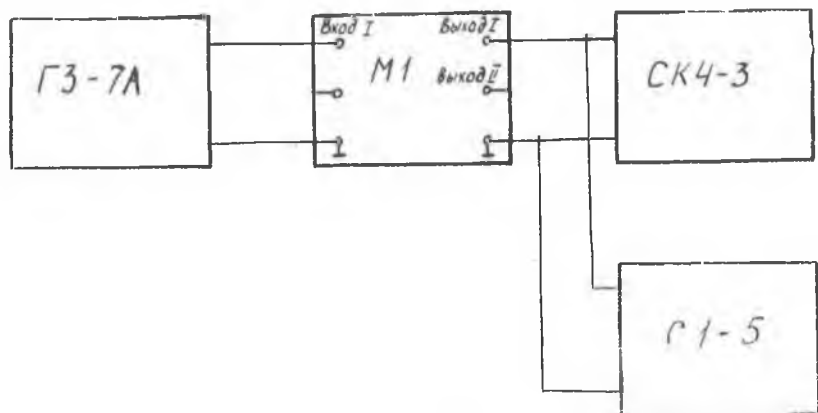


Рис. 1.1.

Принцип работы лабораторной установки следующий: синусоидальный сигнал амплитудой 5-10 в подается от генератора стандартных сигналов типа ГЗ-7А на вход усилителя-ограничителя, собранного на лампе 6Ж4П (L_1). Ограниченное синусоидальное напряжение дифференцируется R_5C_2 — цепочкой и усиливается лампой 6С2С (L_2). На входе этой лампы стоит диод ДГЦ-22 (D_1), срезающий положительную часть дифференцированного импульса. Полученный отрицательный импульс запускает ждущий мультивибратор, собранный на двойном триоде 6Н8С (L_3). Длительность импульса мультивибратора регулируется потенциометром R_{13} . С выхода лабораторного макета снимается напряжение прямоугольной формы определенной длительности и определенной частоты.

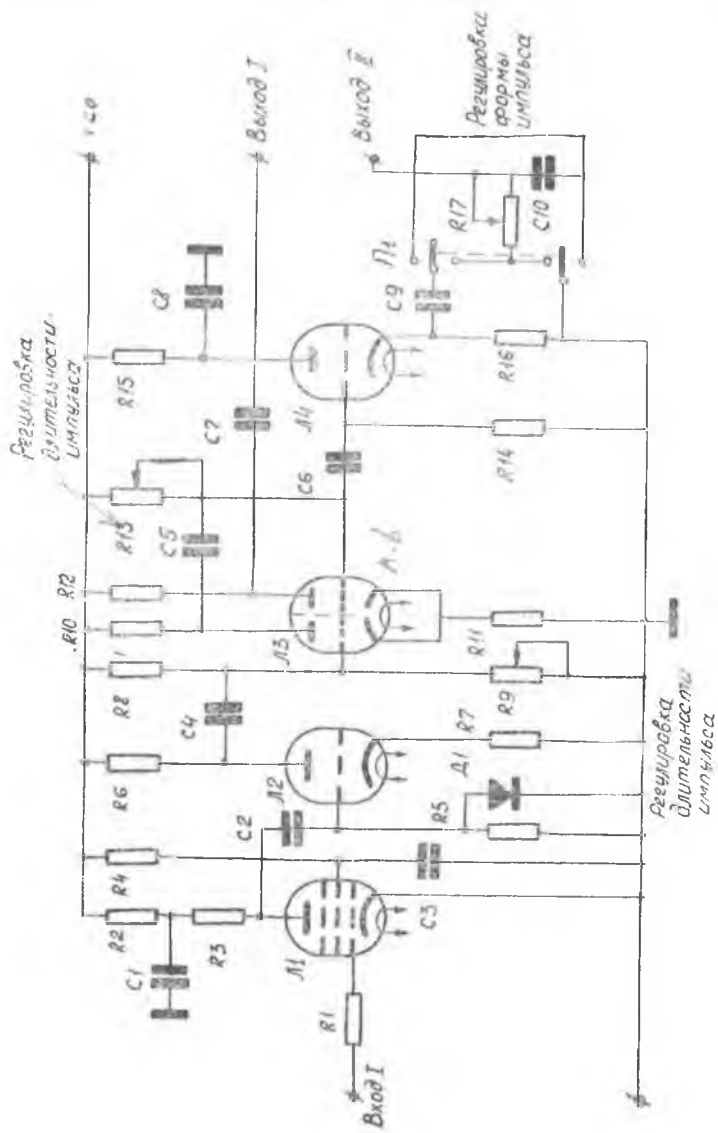


Рис. 12.

С выхода II макета снимаются дифференцированные или интегрированные импульсы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 1.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы СК4-3, С1-5 и ГЗ-7А к работе.
3. Установить частоту генератора ГЗ-7А, равной $1,5 \text{ кгц}$, амплитуду 5 в и подать сигнал на вход I лабораторного макета.
4. Подключить осциллограф к выходу I макета и установить на осциллографе прямоугольные импульсы частотой следования $F_1 = 1,5 \text{ кгц}$, $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$ (длительность импульсов регулировать ручкой «Длительность импульса» на передней панели макета).
5. Установить ручку переключателя рода работ анализатора спектра СК4-3 в положение «спектр», ручку «делитель» в положение «100», ручку «усиление по вертикали» на максимальное усиление. Для удобства наблюдения осциллограммы установить масштаб развертки, равный 20 кгц , время анализа 45 сек . С помощью ручки «усиление по горизонтали» установить длину линии развертки равной 8 см . С помощью ручки «смещение по вертикали» установить линию развертки на 2 см ниже нуля шкалы.
6. Подать с выхода I макета прямоугольные импульсы на вход анализатора спектра СК4-3. Измерить амплитуды гармонических составляющих, частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.
7. Установить частоту следования импульсов $F_1 = 750 \text{ гц}$, $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$, $E_{\text{вх}} = 5 \text{ в}$ и повторить пункт 6.
8. Установить длительность импульсов $\tau_{\text{имп}} = 90 \text{ мксек}$, $F_1 = 750 \text{ гц}$, $E_{\text{вх}} = 5 \text{ в}$ и повторить пункт 6.
9. Установить $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$, $F_1 = 1,5 \text{ кгц}$, $E = 5 \text{ в}$. Подключить осциллограф к выходу II макета.
10. Поставить переключатель Π_1 в положение I и получить на экране осциллографа дифференцированные импульсы.
11. Подать дифференцированные импульсы на вход анализатора спектра СК4-3 и повторить пункт 6.
12. Поставить переключатель Π_1 в положение II и получить на экране осциллографа интегрированные импульсы.

13. Подать интегрированные импульсы на вход СК4-3 и повторить пункт 6.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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 видеопульсов.

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

7. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала.

8. Связь между временными и спектральными характеристиками сигнала.

9. Спектр завызывающей функции.

10. Изменение сигнала при сдвиге спектра по оси частот.

11. Спектр отрезка синусоиды.

12. Спектр единичного скачка напряжения.

13. Спектр дельта-функции.

14. Понятие о текущем спектре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. I. Изд. «Советское радио», М., 1966.

2. А. А. Харкевич. Основы радиотехники. Связьиздат, 1963.

3. А. Л. Зиновьев, Л. И. Филиппов. Введение в теорию сигналов и цепей. Изд. «Высшая школа», М., 1968.



Лабораторная работа № 2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ НЕКОТОРЫХ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ

Целью работы является ознакомление с некоторыми принципами измерения плотности вероятности и экспериментальное определение плотности вероятности шумового напряжения, гармонического напряжения со случайной фазой и пилообразного напряжения со случайным временем отсчета.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Рассчитать и построить график распределения плотности вероятности мгновенных значений гармонического колебания $S(t) = A_0 \sin \omega_0 t$ при условии, что фаза случайна и имеет равномерное распределение в течение периода $A_0 - 3\text{В}$,
2. Рассчитать и построить график функции распределения (интегральной вероятности) по условиям пункта 1 задания.
3. Рассчитать и построить график распределения плотности вероятности мгновенных значений пилообразного напряжения при условии, что момент отсчета имеет равномерное распределение в течение периода.
4. Рассчитать и построить график функции распределения по условиям пункта 3 задания.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

5. Ознакомиться с установкой и используемой аппаратурой.
6. Определить плотность вероятности на выходе генератора шума при полосе частот 20 кГц и 300 кГц и построить

графики нормированной плотности вероятности. Зарисовать несколько реализаций.

7. Определить плотность вероятности распределения мгновенных значений гармонического напряжения для

$$S_1(t) = 3 \cos 2\pi \cdot 1000 t(\text{в}) \text{ и } S_2(t) = 2,5 \cos 2\pi \cdot 10000 t(\text{в})$$

и построить графики нормированной плотности вероятности.

8. Определить плотность вероятности распределения мгновенных значений пилообразного напряжения амплитудой 3 в и частотой $f = 500$ гц;

9. По результатам экспериментальных исследований плотности вероятности (пункты 6, 7, 8) рассчитать и построить графики интегральной функции распределения.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Исследование плотности вероятности случайных сигналов производится на установке, блок-схема которой приведена на рис. 2.1.

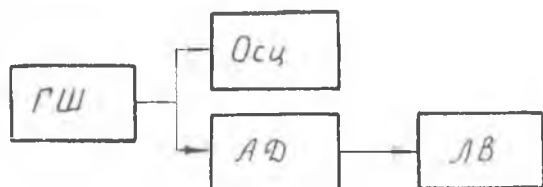


Рис. 2.1.

ГШ — источник случайного сигнала с равномерным спектром.

ГСН — генератор гармонических напряжений.

ГПН — генератор пилообразных напряжений.

Осц. — осциллограф.

АД — амплитудный дискриминатор, измеритель функции распределения.

ЛВ — ламповый вольтметр.

Осциллограф позволяет наблюдать отдельные реализации случайных сигналов. При этом необходимо использовать ждущую развертку, а величину синхронизации устанавливать экспериментально.

Амплитудный дискриминатор АД, инструкция пользования которым приведена в приложении № 2, служит для измерения вероятности нахождения сигнала в интервале ΔU , т. е. $P(U < U(t) < U + \Delta U)$. При малых значениях ΔU эта вероятность приближается к

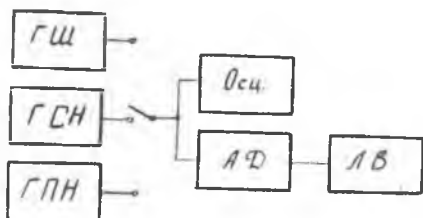


Рис. 2.2.

плотности вероятности. Величина уровня напряжения U устанавливается соответствующей ручкой на панели АД и контролируется ламповым вольтметром ЛВ.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выполнения пункта 6 задания собрать схему в соответствии с рис. 2.2. Для чего подключить источник случайных сигналов к клеммам «Вх» АД, ламповый вольтметр подключить к клеммам «уровень» АД.

2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить все приборы к работе.

3. Установить полосу частот на генераторе ГШ, равную 20 кГц. Уровень шумового напряжения устанавливается экспериментально.

4. С экрана осциллографа зарисовать несколько реализаций случайного сигнала. Для этого на осциллографе установить развертку и ручкой синхронизации добиться четкого изображения отдельных реализаций.

5. Снять зависимость вероятности пребывания случайного сигнала в пределах полосы ΔU на разных уровнях U .

Для этого необходимо ручкой «установка уровня» амплитудного дискриминатора устанавливать последовательно напряжения от -3 в до $+3$ в через 0,5 в. Контроль за установкой уровня осуществляется ламповым вольтметром.

6. Установить полосу частот на генераторе ГШ равной 300 кГц и выполнить указания пунктов 4 и 5 настоящего раздела.

7. Для выполнения пункта 7 задания необходимо ко входу амплитудного дискриминатора подключить генератор гармонических колебаний. Установить частоту $f = 500$ гц и амплитуду $A_1 = 3$ в и выполнить указание пункта 5 настоящего

раздела. Далее установить $f_2 = 5 \text{ кГц}$, $A_2 = 3 \text{ в}$ и повторить пункт 5.

8. Для определения распределения вероятности мгновенных значений пилообразного напряжения необходимо ко входу амплитудного дискриминатора подключить генератор пилообразного напряжения. Установить частоту $f = 500 \text{ гц}$ и амплитуду $A = 3 \text{ в}$ и повторить пункт 5.

9. Для построения интегральной функции распределенных необходимо произвести нормировку значений вероятности, полученных по шкале амплитудного дискриминатора. Условием нормировки является $P(-\infty < x < \infty) = 1$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется случайным событием, случайной величиной, случайным процессом и случайным полем?
2. Какие характеристики случайных процессов вам известны?
3. Какие случайные процессы называются стационарными?
4. Какие случайные процессы называются эргодическими?
5. Какой физический смысл имеют среднее значение и дисперсия?
6. Что характеризует энергетический спектр и корреляционная функция?

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы, часть I, изд. «Советское радио», М., 1967.
 2. В. И. Тихонов. Статистическая радиотехника, изд. «Советское радио», М., 1966.
 3. М. П. Бобнев. Генерирование случайных сигналов и измерение их параметров, изд. «Энергия», М., 1966.
-
-

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ РАДИОСИГНАЛОВ

Цель работы состоит в исследовании спектров модулированных колебаний различных видов при изменении параметров модулирующего сигнала.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе следует:

1. Рассчитать и построить амплитудно-частотный спектр АМ колебания вида:

$$a(t) = A_0 [1 + M \cos \Omega t] \cos \omega_0 t$$

по следующим данным:

I	II	III
$A_0 = 1 \text{ в}$	$A_0 = 1 \text{ в}$	$A_0 = 1 \text{ в}$
$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$	$f_0 = 12 \text{ кГц}$
$M = 50 \%$	$M = 50 \%$	$M = 80 \%$
$F = 800 \text{ Гц}$	$F = 1500 \text{ Гц}$	$F_1 = 1500 \text{ Гц}$

2. Рассчитать и построить амплитудно-частотный спектр ЧМ колебания вида

$$a(t) = A_0 \cos (\omega_0 t + m_{\text{чм}} \cos \Omega t)$$

по следующим данным:

I	II	III
$A_0 = 1 \text{ в}$	$A_0 = 1 \text{ в}$	$A_0 = 1 \text{ в}$
$f_0 = 12 \text{ кгц}$	$f_0 = 12 \text{ кгц}$	$f_0 = 12 \text{ кгц}$
$m_{\text{чм}} = 1$	$m_{\text{чм}} = 1$	$m_{\text{чм}} = 5$
$F = 2 \text{ кгц}$	$F = 1 \text{ кгц}$	$F = 1 \text{ кгц}$

Учитывая составляющие с амплитудами, превышающими $0,01 A_0$, определить активную ширину спектра.

Значения функций Бесселя 1-го рода для различных индексов модуляции m даны в таблице 1.

При выполнении лабораторной работы необходимо с помощью анализатора спектра СК4-3 зарисовать с указанием масштаба частоты спектры сигналов следующего вида:

1. Амплитудно-модулированного колебания с параметрами, указанными в пункте 1 домашнего задания.

2. Частотно-модулированного колебания с параметрами, указанными в пункте 2 домашнего задания.

3. Последовательности импульсов при модуляции их по гармоническому закону.

I	II
$\tau_{\text{имп}} = 30 \text{ мксек}$	$\tau_{\text{имп}} = 80 \text{ мксек}$
$f_{\text{след}} = 3 \text{ кгц}$	$f_{\text{след}} = 3 \text{ кгц}$
$F = 700 \text{ гц}$	$F = 700 \text{ гц}$
$M = 100 \%$	$M = 100 \%$

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка для исследования спектров АМ колебаний содержит лабораторный макет M_2 , 2 генератора стандартных сигналов типа ГЗ-7А, один из которых является генератором несущей частоты f_0 , а другой — генератором управляющего (модулирующего) сигнала, анализатора спектра СК4-3 и осциллографа С1-5.

Блок-схема лабораторной установки для исследования спектров АМ колебаний приведена на рис. 3.1, а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 3.2.

Принцип работы лабораторного макета следующий. Напряжение высокой частоты U_{f_0} (генератор G_1) со входа II через разделительный конденсатор C_1 подается на сетку

Функции Бесселя

0	1	0	0	0	0
1	0,765	0,440	0,115	0,020	0,002
2	0,224	0,577	0,353	0,129	0,034
3	-0,260	0,339	0,486	0,309	0,132
4	-0,397	-0,066	0,364	0,430	0,281
5	-0,178	-0,328	0,047	0,365	0,391
6	0,151	-0,277	-0,243	0,115	0,358
7	0,300	-0,005	-0,301	-0,168	0,158
8	0,172	0,235	-0,113	-0,291	-0,105
9	-0,090	0,245	0,145	-0,181	-0,265
10	-0,246	0,0435	0,255	0,059	-0,220
11	-0,171	-0,177	0,139	0,227	-0,015
12	0,048	-0,223	-0,085	0,195	0,182
13	0,207	-0,070	-0,218	0,003	0,219
14	0,171	0,133	-0,152	-0,018	0,076
15	-0,014	0,205	0,042	-0,194	-0,119
16	-0,175	0,090	0,186	-0,044	-0,203
17	-0,170	-0,098	0,158	0,135	-0,111
18	-0,013	-0,188	-0,007	0,186	0,070
19	0,147	-0,106	-0,158	0,072	0,180
20	0,167	0,067	-0,160	-0,099	0,131
21	0,037	0,171	-0,020	-0,175	-0,030
22	-0,121	0,117	0,131	-0,093	-0,157
23	-0,162	-0,039	0,159	0,067	-0,141
24	-0,056	-0,154	0,043	0,161	-0,003

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0,007	0,001	0	0	0	0
0,043	0,011	0,002	0	0	0
0,132	0,490	0,015	0,004	0	0
0,261	0,131	0,053	0,018	0,005	0,001
0,362	0,246	0,130	0,056	0,021	0,007
0,348	0,339	0,234	0,128	0,059	0,023
0,186	0,338	0,320	0,223	0,126	0,061
-0,055	0,204	0,327	0,305	0,215	0,125
-0,234	-0,014	0,217	0,318	0,292	0,207
-0,238	-0,202	0,018	0,225	0,309	0,280
-0,073	-0,244	-0,170	0,045	0,230	0,300
0,132	-0,118	-0,241	-0,141	0,067	0,234
0,220	0,081	-0,151	-0,232	-0,114	0,085
0,130	0,206	0,034	-0,174	-0,220	-0,090
-0,057	0,167	0,182	-0,007	-0,189	-0,206
-0,187	0,0007	0,187	0,154	-0,043	-0,199
-0,155	-0,156	0,051	0,196	0,123	-0,732
0,004	-0,179	-0,116	0,093	0,195	0,091
0,151	-0,055	-0,184	-0,074	0,125	0,186
0,164	0,173	-0,102	-0,176	-0,032	0,148
0,036	0,173	0,058	-0,136	-0,157	0,007
-0,116	0,091	0,164	0,009	-0,158	-0,132
-0,162	-0,064	0,130	0,140	-0,036	-0,168

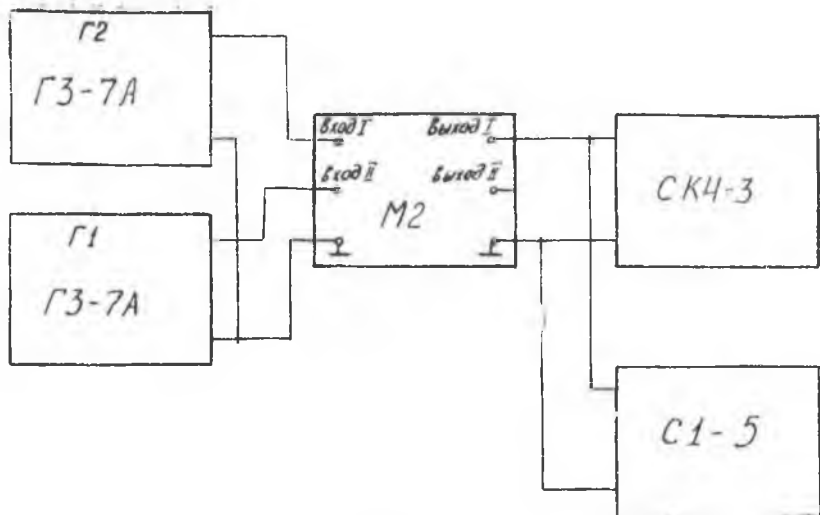


Рис. 3.1.

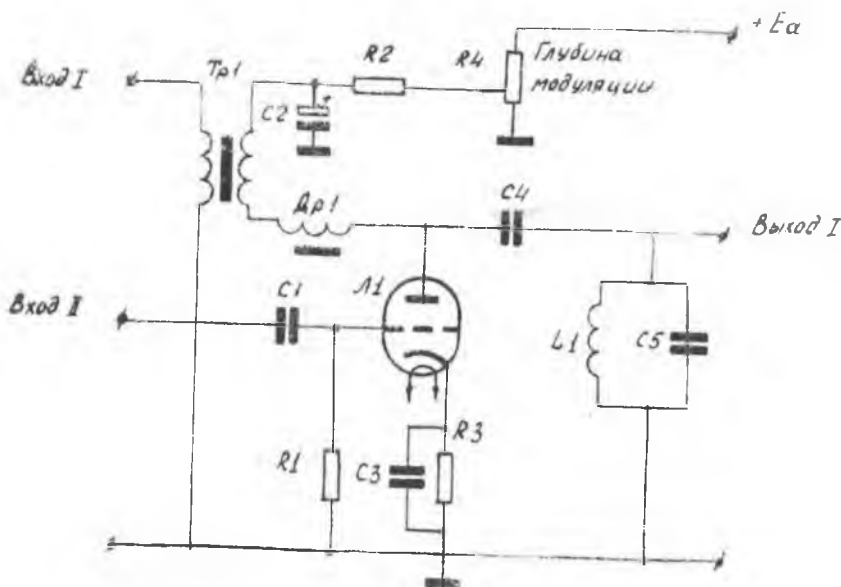


Рис. 3.2.

лампы 6Н8С (L_1). Модулирующее напряжение U_F включено последовательно с источником анодного напряжения E_a . В результате напряжение на аноде лампы изменяется по закону модулирующего сигнала. Нагрузкой модулятора является колебательный контур, настроенный на несущую частоту $f_0 = 12$ кГц. Напряжение источника анодного питания регулируется потенциометром R_1 .

Лабораторная установка для исследования спектров ЧМ колебаний содержит лабораторный макет M_3 , генератор звуковой частоты ГЗ-2, анализатор спектра СК4-3 и ламповый вольтметр ВЛУ-2.

Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 3.3, а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 3.4. Генератор несущей частоты собран на лампе 6Н6П (L_1) по схеме 2-тактного генератора с катодной связью. Модулирующее устройство собрано на диодах D_1 и D_2 . Модуляция частоты осуществляется за счет изменения угла отсечки, т. е. времени подключения емкости C_2 к колебательному контуру автогенератора.

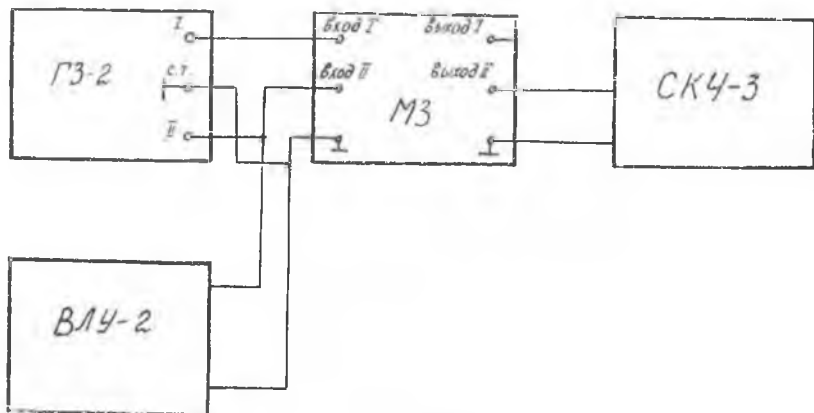


Рис. 3.3.

Лабораторная установка для исследования спектров АЧМ колебаний содержит лабораторный макет M_3 , генератор звуковой частоты ГЗ-2, генератор запускающих импульсов МГИ-1, анализатор спектра СК4-3 и осциллограф С1-5. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 3.5, а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 3.6.

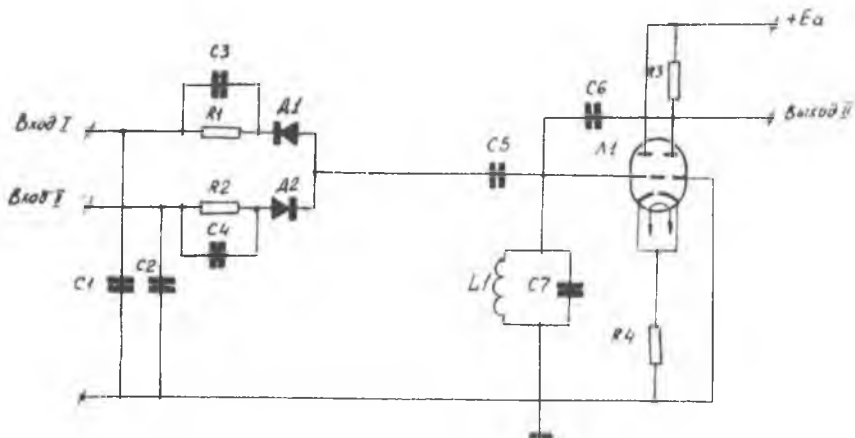


Рис. 3.4.

Принцип работы лабораторного макета следующий. Положительной полярности импульс с выхода запускающего генератора МГИ-1 подается через разделительный конденсатор C_1 на вход ждущего мультивибратора с катодной связью, собранного на лампе L_1 (6НЗП).

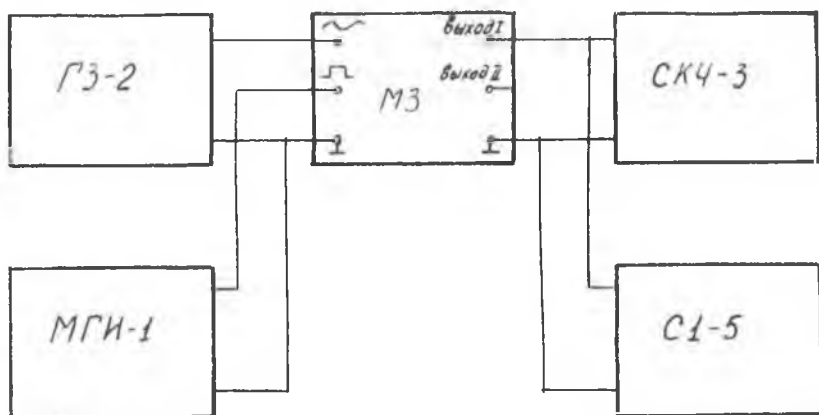


Рис. 3.5.

Регулировка
длительности
импульсов

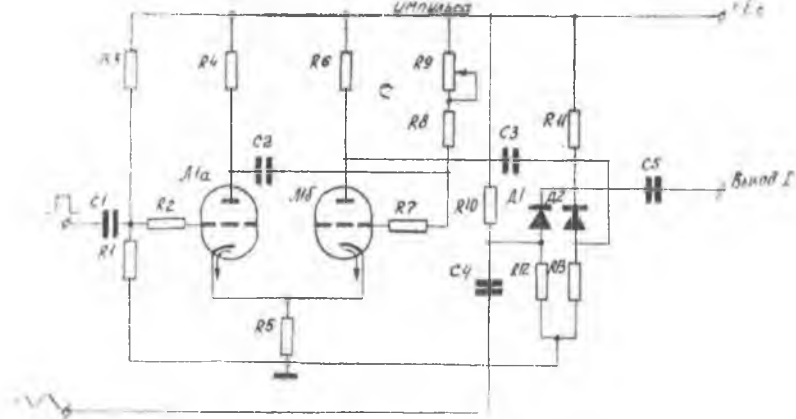


Рис. 3.6.

Регулировка длительности сформированного ждущим мультивибратором импульса производится с помощью потенциометра R_3 . Модулирующее устройство собрано на диодах D_1 и D_2 . Регулировка коэффициента глубины модуляции осуществляется с помощью изменения амплитуды модулирующего сигнала.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исследование спектров АМ колебаний

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 3.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, СК4-3, С1-5 к работе.
3. С 75-омного выхода генератора Γ_1 (ГЗ-7А) подать сигнал, равный $U = 1$ в на вход II макета.
4. Подключить осциллограф С1-5 к выходу I макета.
5. Изменяя частоту генератора Γ_1 , добиться максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа (настроить схему в резонанс).
6. С 1000-омного выхода генератора Γ_2 (ГЗ-7А) подать сигнал с частотой $F = 800$ гц на вход I макета. Изменяя па-

пряжение выхода генератора, добиться коэффициента глубины модуляции $M = 50\%$ ($M = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$).

7. Подключить анализатор спектра СК4-3 к выходу I макета. Установить ручку переключателя рода работ в положение «спектр», ручку «делитель» в положение «30», ручку «усиление по горизонтали» на максимальное усиление. Для удобства наблюдения осциллограммы установить масштаб развертки равным 20 кгц , время анализа — 45 сек .

8. Подать с выхода I макета модулированный сигнал на вход СК4-3. Измерить амплитуды гармонических составляющих частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.

9. Установить модулирующую частоту $F = 1500 \text{ гц}$, $U_{\text{вх}} = 1 \text{ в}$, $M = 50\%$ и повторить пункт 8.

10. Изменить коэффициент глубины модуляции $M = 80\%$, $F = 1500 \text{ гц}$, $U_{\text{вх}} = 1 \text{ в}$ и повторить пункт 8.

Исследование спектров ЧМ колебаний

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 3.3.

2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-2, СК4-3, ВЛУ-2 к работе.

3. Подключить анализатор спектра СК4-3 к выходу II макета. Установить ручку переключателя рода работ в положение «спектр», ручку «делитель» — в положение «30». Установить масштаб развертки равным 20 кгц , время анализа 45 сек . С помощью ручки «смещение» по вертикали установить линию развертки на 2 см ниже нуля шкалы. С помощью ручек «усиление» и «смещение» по горизонтали установить линию развертки 10 см .

4. Установить частоту генератора ГЗ-2 равной 2 кгц , индекс модуляции $m_{\text{чм}} = 0,5$.

Индекс модуляции устанавливается изменением девиации частоты, которая зависит от амплитуды модулирующего сигнала. Амплитуда модулирующего сигнала устанавливается в соответствии с таблицей, приведенной на передней панели макета.

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

6. Установить частоту генератора $F = 2 \text{ кГц}$, $m_{\text{ам}} = 1$ и повторить пункт 5.

7. Установить частоту генератора $F = 1 \text{ кГц}$, $m_{\text{ам}} = 1$ и повторить пункт 5.

8. Установить частоту генератора $F = 1 \text{ кГц}$, $m_{\text{ам}} = 5$ и повторить пункт 5.

Исследование спектров АИМ колебаний

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 3.5.

2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-2, МГИ-1, С1-5, СК4-3 к работе.

3. Подключить МГИ-1 к гнезду, вынесенному на переднюю панель макета. Установить длительность запускающего импульса $\tau_{\text{зап}} = 0,5 \text{ мксек.}$, частоту следования $F = 3 \text{ кГц}$, амплитуду импульсов $U = 30 \text{ в}$, полярность — положительную.

4. Подключить осциллограф С1-5 к выходу I макета. Установить на экране осциллографа длительность импульса $\tau_{\text{имп}} = 30 \text{ мксек.}$

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

6. Подключить ГЗ-2 к гнезду, вынесенному на переднюю панель макета. Поставить переключатель «внутренняя нагрузка» в положение «включено». Установить частоту генератора $F = 700 \text{ гц}$. Изменяя напряжение выхода генератора, добиться коэффициента глубины модуляции $M = 100\%$

$$\left(M = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}} \right)$$

7. Измерить амплитуды гармонических составляющих, частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.

8. Установить на выходе макета длительность импульсов $\tau_{\text{имп}} = 80 \text{ мксек.}$, $M = 100\%$, $f = 3 \text{ кГц}$, $F = 700 \text{ гц}$ и зарисовать картину спектра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Амплитудная модуляция. Энергетические соотношения при АИМ.
2. Спектр АИМ колебания при гармонической модуляции.
3. Спектр АИМ колебания при модуляции сложным сигналом.

4. Векторная диаграмма АМ колебаний.
5. Фаза огибающей амплитуд при АМ.
6. Автокорреляционная функция АМ сигнала.
7. Угловая модуляция. Связь между частотной и фазовой модуляцией.
8. Частотная и фазовая модуляция простым гармоническим сигналом.
9. Спектр колебания при гармонической угловой модуляции для индекса модуляции $m \ll 1$.
10. Векторная диаграмма угловой модуляции при $m \ll 1$.
11. Спектр колебания при гармонической угловой модуляции для случая $m > 1$.
12. Спектральные диаграммы для различных частот модуляции Ω при $\omega_g = \text{const}$.
13. Спектральные диаграммы для различных значений ω_g при $\Omega = \text{const}$.
14. Импульсная модуляция. Теорема Котельникова.
15. Спектр сигнала при АИМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. I. Изд. «Советское радио», М., 1966.
2. А. Л. Зинovieв, Л. И. Филиппов. Введение в теорию сигналов и цепей. Изд. «Высшая школа», М., 1968.



Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ АПЕРИОДИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Целью работы является экспериментальное исследование основных характеристик линейного апериодического усилителя (передаточной функции и импульсной характеристики) и исследование прохождения импульсных сигналов через некоторые линейные цепи.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Пользуясь учебной литературой, уяснить методику экспериментального определения передаточной функции и импульсной характеристики.

2. Вывести уравнение передаточной функции и импульсной характеристики для линейной апериодической цепи, приведенной на рис. 4.1.

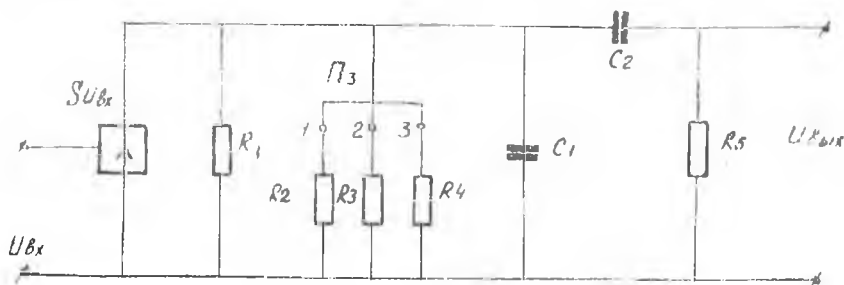


Рис. 4.1.

3. Рассчитать и построить передаточные функции и импульсные характеристики для дифференцирующей и интегрирующей цепочек, приведенных на рис. 4.2.

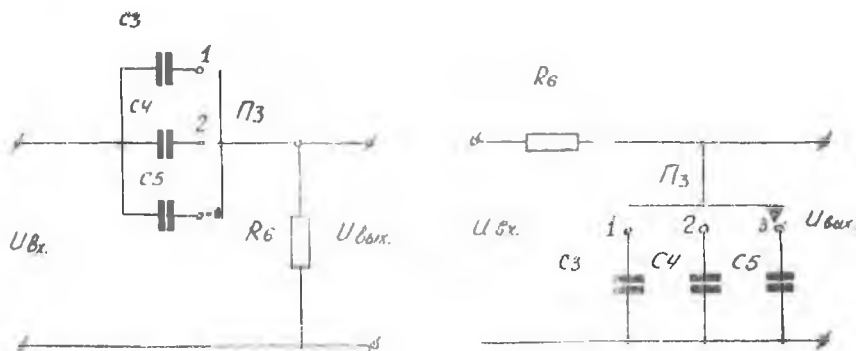


Рис. 4.2.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

4. Снять амплитудно-частотную характеристику апериодического усилителя при трех значениях анодной нагрузки.

5. Снять импульсные характеристики апериодического усилителя при трех значениях анодной нагрузки.

6. Исследовать прохождение трех периодических последовательностей прямоугольных импульсов $\tau_1 = 7$ мксек, $\tau_2 = 10$ мксек, $\tau_3 = 15$ мксек через усилитель. Зарисовать осциллограммы и измерить длительности фронтов импульсов на выходе усилителя.

7. Снять амплитудно-частотную характеристику интегрирующей цепи для трех значений постоянной τ времени.

8. Исследовать прохождение прямоугольных импульсов трех длительностей через интегрирующие цепи с различной постоянной времени. Зарисовать осциллограммы.

9. Снять амплитудно-частотную характеристику дифференцирующей цепи для трех значений постоянной времени.

10. Исследовать прохождение прямоугольных импульсов трех длительностей через дифференцирующие цепи с различной постоянной времени. Зарисовать осциллограммы.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Исследование прохождения дискретных сигналов через апериодические цепи производится на макете М4, содержащем:

1. Линейный апериодический усилитель.
2. Интегрирующие и дифференцирующие цепи.
3. Генератор прямоугольных импульсов.

Блок-схема макета приведена на рис. 4.3, а принципиальная схема — на рис. 4.4.

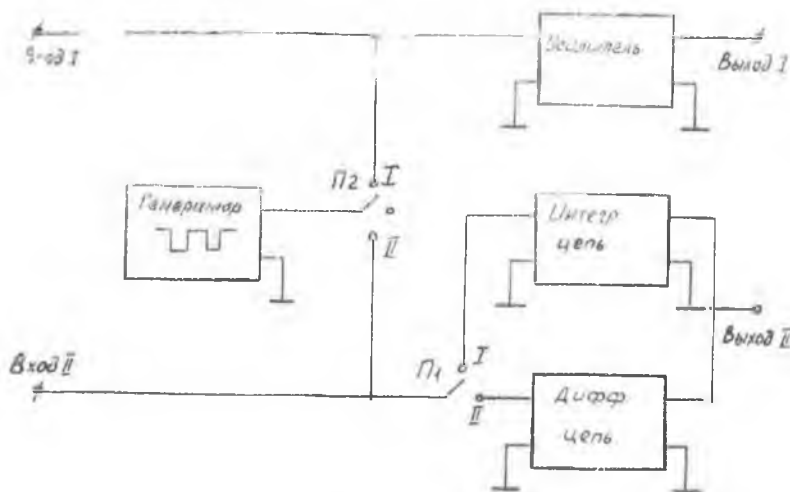


Рис. 4.3.

В качестве источника прямоугольных импульсов используется несимметричный мультивибратор на лампе Л₁. Конструкция макета предусматривает возможность изменять величину емкости в одном из плеч мультивибратора. Ориентировочные значения конденсаторов и соответствующие им длительности импульсов приведены в таблице 2.

Прямоугольные импульсы с выхода мультивибратора поступают на общую плату переключателя П₂ и через него поступают на вход исследуемых схем. В

Таблица 2.

С _{эф}	Т _{имп.}
33	3
52	7
120	10
240	15

положении I переключателя Π_2 прямоугольные импульсы поступают на вход усилителя, в положении 3 — на вход дифференцирующих или интегрирующих схем, в положении 2 — генератор прямоугольных импульсов отключен.

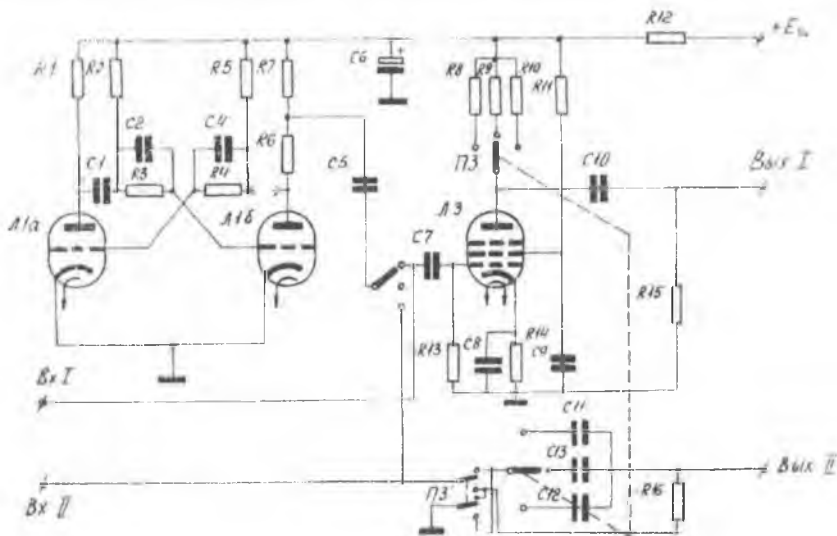


Рис. 4.4.

Клемма «Вх. I» соединена со входом аperiodического усилителя, а клемма «Вх. II» — с дифференцирующими и интегрирующими схемами.

Клемма «Вых. I» соединена с выходом аperiodического усилителя, а клемма «Вых. II» — с выходом дифференцирующих и интегрирующих схем.

Величина нагрузки аperiodического усилителя и значения постоянной времени дифференцирующей (или интегрирующей) схемы устанавливается переключателем Π_2 . Значения величины сопротивления анодной нагрузки и значение емкости конденсатора дифференцирующей (или интегрирующей) схемы

Таблица 3

1	Положение Π_2	R_a , ком	C , пф
2	I	5,6	200
3	II	10	510
4	III	30	1500

в зависимости от положения переключателя Π_2 приведены в таблице 3.

В качестве дифференцирующей (или интегрирующей) схемы используется RC цепочка.

При изменении постоянной времени переключателем Π_2 подключаются различные емкости к неизменному резистору $R_{16} = 9,1 \text{ ком}$.

Дифференцирование осуществляется в положении II переключателя Π_2 , а интегрирование — в положении I.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выполнения пункта 4 задания собрать схему рис. 4.5. Генератор гармонических колебаний подключить к клемме «Вх. I» макета М4. Ламповый вольтметр ЛВ — к клемме «Вых. I». Поддерживая напряжение генератора постоянным и равным 0,3 в, снять частотные характеристики (15—20 точек в диапазоне частот от 20 гц до 10 мгц) для трех значений сопротивления нагрузки. Подробнее исследовать участки со значительным изменением коэффициента передачи $k = \frac{E_{\text{вых}}}{E_{\text{вх}}}$;

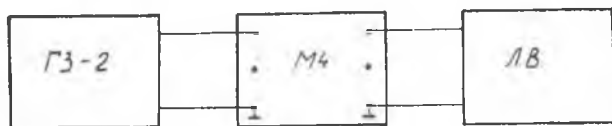


Рис. 4.5.

2. Для выполнения пункта 5 отключить ГСС и ЛВ от макета М4. Осциллограф присоединить к «Вых. I», переключатель Π_2 поставить в положение I и с помощью сменного конденсатора установить длительность импульсов 3 мксек. Напряжение на выходе аperiodического усилителя соответствует (приблизительно) импульсной характеристике. Для наблюдения этой характеристики осциллограф ставится в режим «ждущей развертки». Зарисовать импульсные характеристики для трех различных значений сопротивления нагрузки.

3. Для выполнения пункта 6 необходимо с помощью сменных конденсаторов изменять длительности импульсов и зарисовать форму напряжения на выходе аperiodического усилителя при различных значениях сопротивления нагрузки.

4. Для выполнения пунктов 7 и 9 задания необходимо использовать схему рис. 4.5. Подключить ГСС к клеммам «Вх. II», а ЛВ — к «Вых. II». Остальные указания в соответствии с пунктом I настоящего параграфа.

5. Для выполнения пунктов 8 и 10 задания необходимо подключить осциллограф к клемме «Вых. II». Остальные указания в соответствии с пунктом 2 настоящего параграфа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные свойства линейных систем.
2. Спектральный метод анализа линейных систем. Передаточная функция.
3. Метод интеграла наложения. Импульсная характеристика.
4. Связь между передаточной функцией и импульсной характеристикой.
5. Линейное усиление сигналов, эквивалентная схема. Нагрузочная характеристика лампы.
6. Линейные и нелинейные искажения.
7. Дифференцирующая схема, передаточная функция и ее импульсная характеристика.
8. Интегрирующая схема, передаточная функция и ее импульсная характеристика.
9. Связь между спектром сигнала и передаточной функцией при дифференцировании и интегрировании.
10. Связь между длительностью импульсов и импульсной характеристикой при дифференцировании и интегрировании.
11. Корреляция сигналов на входе и выходе линейного фильтра.
12. Потеря информации в линейном фильтре.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. I. Изд. «Советское радио», М., 1966.
-
-

Лабораторная работа № 5

АНАЛИЗ ПРОХОЖДЕНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Цель работы состоит в исследовании прохождения некоторых радиосигналов через линейный резонансный усилитель.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. По заданной эквивалентной добротности колебательного контура линейного резонансного усилителя $Q_э = 50$ рассчитать:

а) зависимость коэффициента демодуляции D от частоты модулирующего напряжения. ($f_0 = 1100$ кгц);

б) зависимость изменения фазового сдвига огибающей выходного модулированного колебания от частоты модулирующего сигнала. Расчет вести для следующих значений частоты модулирующего сигнала $F = 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 10000$ гц

2. По заданной эквивалентной добротности колебательного контура $Q_э = 50$ рассчитать длительность переднего фронта выходного радиопульса. Длительность $\tau_ф$ здесь берется в предположении, что за время $\tau_ф$ амплитуда радиопульса нарастает до 0,9 своего стационарного значения.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

1. Определить полосу пропускания и эквивалентную добротность линейного резонансного усилителя для 3-х значений резонансного сопротивления контура: $R_{ш} = \infty$, $R_{ш} = 10 \text{ ком}$ и $R_{ш} = 33 \text{ ком}$. ($R_{ш} = R_{10}$)

2. Исследовать прохождение АМ колебания через линейный резонансный усилитель:

а) снять зависимость коэффициента демодуляции от частоты модулирующего сигнала $D = \varphi(F)$ для максимальной и минимальной добротности контура Q ;

б) снять зависимость изменения фазового сдвига огибающей выходного сигнала от модулирующей частоты для максимальной и минимальной добротности контура Q .

3. Исследовать прохождение радиоимпульса с прямоугольной огибающей через линейный резонансный усилитель:

а) определить длительность переднего фронта выходного импульса для максимальной и минимальной добротности контура Q ;

б) выяснить зависимость изменения длительности импульса от изменения добротности контура;

в) выяснить зависимость изменения формы выходного импульса при изменении его частоты заполнения относительно резонансной частоты контура.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет М₅, генератор стандартных сигналов Г4-1А, генератор звуковой частоты ГЗ-7А и осциллограф С1-5.

На лабораторном макете собраны: линейный резонансный усилитель, генератор прямоугольных импульсов и коммутирующее устройство.

Принципиальная схема лабораторного макета приведена на рис. 5.1. Резонансный усилитель собран на пентоде 6Ж5П (L_2). Нагрузкой его является колебательный контур, настроенный на частоту $f = 1100 \text{ кгц}$. С помощью специальных гнезд (Γ_1) на передней панели макета к контуру подключаются различные шунтирующие сопротивления $R_{ш}$ для изменения его добротности. Усилитель работает в линейном режиме. Генератор прямоугольных импульсов собран на лампе типа 6Н2П (L_1) по схеме симметричного мультивибратора. Коммутирующим устройством является ключ, собранный на транзисторе типа П16 (T_1).

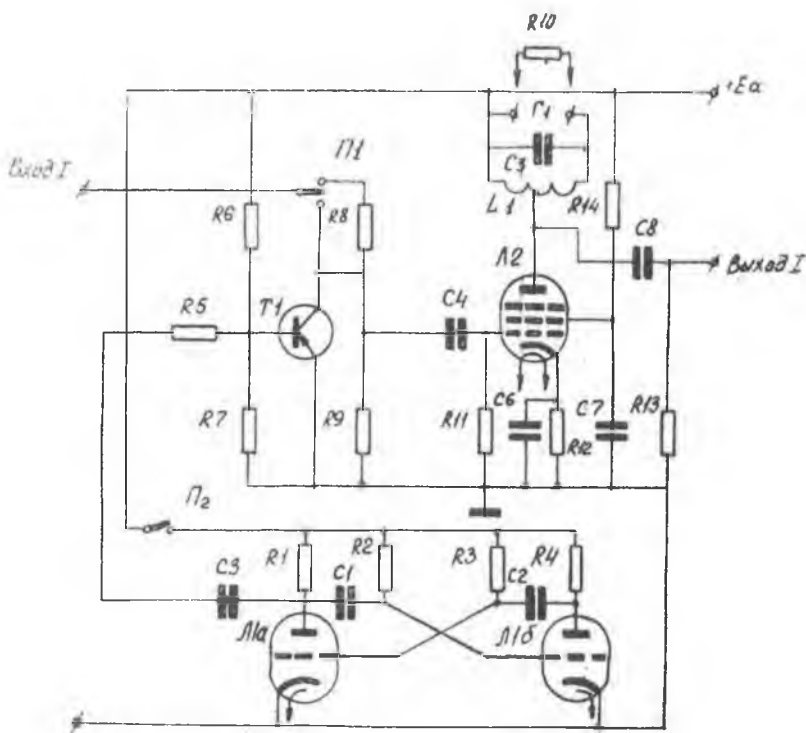


Рис. 5.1.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Определение полосы пропускания и эквивалентной добротности линейного резонансного усилителя

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 5.2.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, С1-5 к работе.
3. Переключатель Π_1 поставить в положение II.
4. С 75-омного выхода генератора ГЗ-7А подать сигнал, равный $U_{вх} = 0,5$ в на вход I макета.
5. Подключить осциллограф С1-5 к выходу I макета.

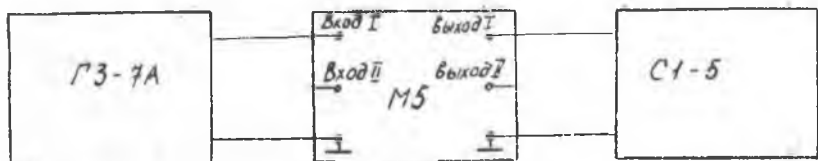


Рис. 5.2.

6. Изменяя частоту генератора, добиться максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа (настроить схему в резонанс).

7. Расстроить частоту генератора ГЗ-7А относительно резонанса так, чтобы выходная амплитуда снизилась до уровня $0,7 U_{max}$ (расстройка производится вправо и влево от резонансной частоты до частот f_{max} и f_{min} и определить полосу пропускания и эквивалентную добротность усилителя).

8. Зашунтировать контур сопротивлением $R_{ш} = 10 \text{ кОм}$ и повторить пункт 7.

9. Зашунтировать контур сопротивлением $R_{ш} = 33 \text{ кОм}$ и повторить пункт 7.

Исследование воздействия АМ колебания на линейный резонансный усилитель

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 5.3
2. Поставить переключатель Π_1 в положение I, Π_2 — в положение II.

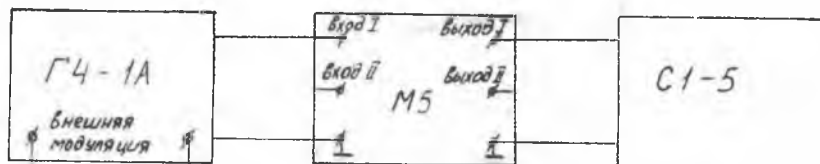


Рис. 5.3.

3. Установить напряжение генератора $Г4-1А = 0,5 \text{ В}$, $M = 30\%$ (коэффициент глубины модуляции устанавливается изменением амплитуды модулирующего сигнала генератора ГЗ-7А).

4. Снять зависимость $D = \frac{M}{M_1} = f(f)$ в диапазоне частот от 500 гц до 10000 гц (10 точек) для максимальной и минимальной добротности Q_0 , где

M — коэффициент глубины модуляции входного сигнала,
 M_1 — коэффициент глубины модуляции выходного сигнала,

$$M = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$$

5. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 5.4.

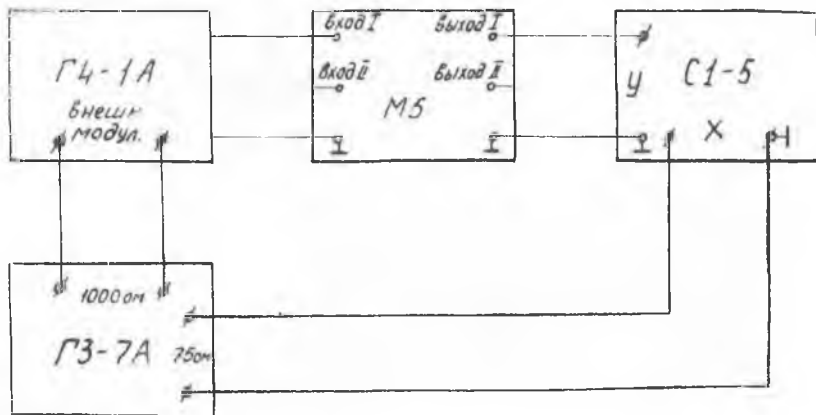


Рис. 5.4.

6. Поставить переключатель вида развертки осциллографа С1-5 в положение «Внешняя».

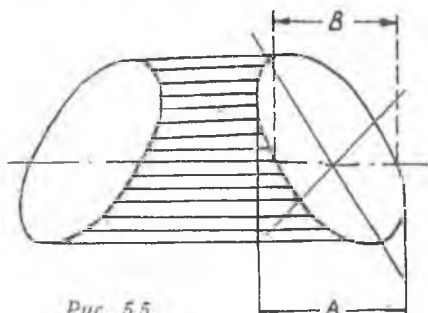


Рис. 5.5.

7. Снять зависимость изменения фазового сдвига огибающей выходного модулированного сигнала от модулирующей частоты $\varphi = f(F)$ для тех же значений Q_0 и F , что и в пункте 4.

Определение фазового сдвига φ производится по фигурам Лиссажу (рис. 5.5) с помощью выражения

$$\varphi = \arcsin \frac{B}{A}.$$

Исследование воздействия радиоимпульса с прямоугольной огибающей на резонансный усилитель

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 5.2.
2. Поставить переключатель Π_2 в положение I, переключатель Π_1 — в положение II.
3. Подать с генератора ГЗ-7А входной сигнал $U_{вх} = 0,5$ в.
4. Определить длительность переднего фронта импульса для максимального значения добротности Q_3 . При измерении длительности τ_{ϕ} необходимо на осциллографе включить калибровочные метки. При проведении данного опыта необходимо убедиться (по максимуму амплитуды радиоимпульса), что частота заполнения совпадает с настройкой контура усилителя.
5. Просмотреть изменение τ_{ϕ} радиоимпульса в зависимости от различных значений Q_3 . Для каждого значения Q_3 зарисовать форму выходного радиоимпульса.
6. Пронаблюдать за искажением формы выходного радиоимпульса при расстройке частоты заполнения относительно резонансной частоты контура. Зарисовать 2—3 осциллограммы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Особенности анализа передачи радиосигналов через линейные системы.
2. Приближенный спектральный метод.
3. Приближенный метод интеграла наложения.
4. Передача амплитудно-модулированного колебания через резонансные системы.
5. Прохождение радиоимпульса с прямоугольной огибающей через колебательный контур.
6. Прохождение радиоимпульса через 2-контурную связанную систему.
7. Прохождение частотно-модулированных колебаний через избирательные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский, Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. I. Изд. «Советское радио», М., 1966.

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ

Цель работы состоит в изучении кусочно-линейного метода аппроксимации характеристик нелинейных элементов и в снятии кривых Берга.

ЗАДАНИЕ

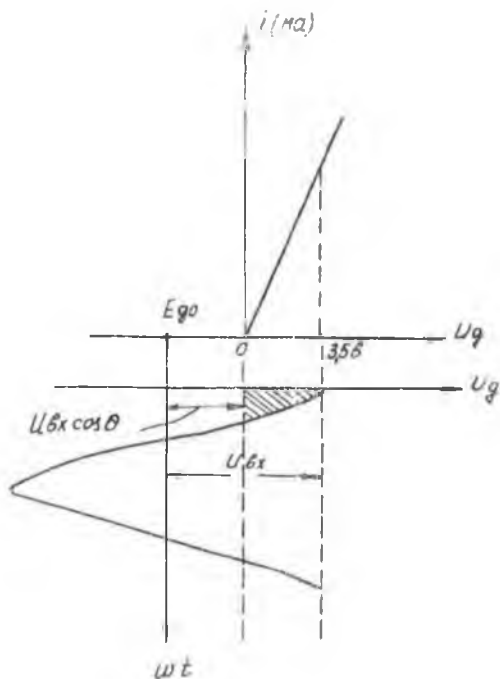
При подготовке к лабораторной работе следует рассчитать значения амплитуд входного сигнала $U_{вх}$ и величину напряжения смещения $E_{г0}$ для получения углов отсечки $\Theta = 30^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ$, если характеристика диода аппроксимируется двумя ломаными прямыми (рис. 6.1). Причем, напряжение смещения и амплитуду входного сигнала для каждого угла отсечки нужно рассчитать таким образом, чтобы максимальное значение амплитуды импульсов было $U_{вх}(1 - \cos \Theta) = 3,5$ в, т. е. чтобы максимальное значение амплитуды импульсов тока для различных углов отсечки оставалось постоянным.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

1. Снять кривые Берга (зависимости $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ от углов отсечки Θ).

2. По снятым кривым выбрать оптимальный режим работы нелинейного элемента для удвоения частоты.

3. Исследовать резонансный усилитель в режиме удвоения частоты.



$$U_{bx} = U_{bx} \cos \theta + 3,5$$

$$U_{bx} = \frac{3,5}{1 - \cos \theta}$$

$$|E_{go}| = U_{bx} \cos \theta$$

Рис. 6.1.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет M_4 , анализатор спектра СК4-3, генератор стандартных сигналов ГЗ-7А, ламповый вольтметр ВЛУ-2 и осциллограф С1-5. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 6.2, а принципиальная схема лабораторного макета—на рис. 6.3. Нелинейным элементом в данной схеме является диод D_1 . Напряжение смещения диода изменяется потенциометром R_2 . Переключатель Π служит для подключения нелинейной цепи

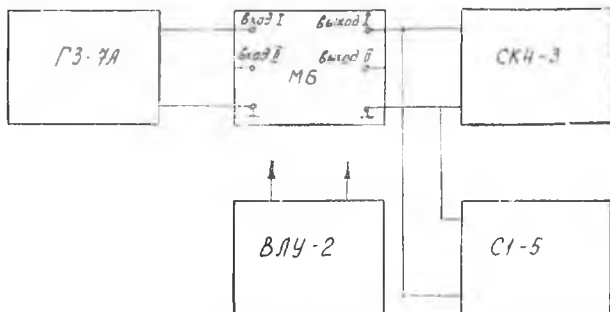


Рис. 6.2.

к выходу макета или ко входу линейного резонансного усилителя, собранного на лампе L_2 и настроенного на 2-ю гармонику входного сигнала.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 6.2.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, СК4-3, ВЛУ-2 и С1-5 к работе.
3. Поставить переключатель П в положение I. Ручку потенциометра «Регулировка» вывести в крайнее левое положение.
4. Установить частоту генератора ГЗ-7А равную 5 кГц.
5. Изменяя амплитуду сигнала с выхода генератора ГЗ-7А и напряжение смещения E_{q0} , установить угол отсечки $\theta = 30^\circ$. С помощью осциллографа С1-5 измерить амплитуду импульса выходного сигнала.
6. Включить анализатор спектра типа «СК4-3» установить ручку переключателя рода работ в положение «спектр», ручку «делитель» — в положение «30», ручку «усиление» — по вертикали на максимальное усиление, масштаб развертки — на 20 кГц, время анализа — на 45 сек.
С помощью ручки «усиление» и «смещение» по горизонтали установить длину линии развертки равную 8 см. С помощью ручки «смещение» по вертикали установить линию развертки на 2 см ниже нуля шкалы.
7. Подать сигнал с выхода I макета на вход анализатора

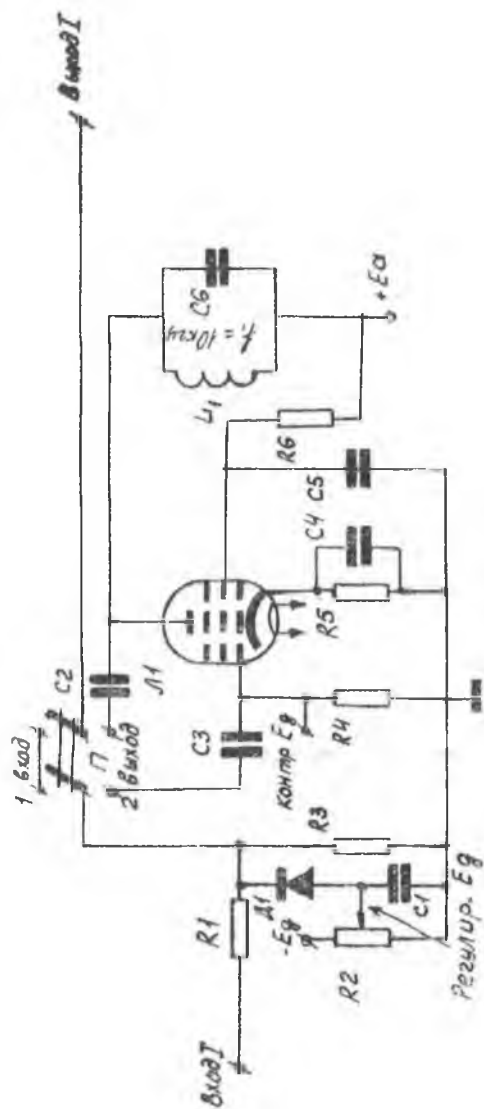


Рис. 6.3.

спектра СК4-3 и определить амплитуды и частоты спектральных составляющих.

8. Прodelать операции пунктов 5 и 7 для углов отсечки 40° , 60° , 90° , 120° , 180° .

9. Установить угол отсечки Θ , соответствующий максимальному значению второй гармоники, частоту генератора ГЗ-7А — 5 кГц. Переключатель П поставить в положение II. Изменяя в небольших пределах частоту генератора, добиться по осциллографу максимальной амплитуды выходного сигнала. Включив метки осциллографа, определить период T и частоту $f = \frac{1}{T}$ колебаний и сравнить ее с частотой, подаваемой с генератора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные свойства нелинейных систем.
2. Способы аппроксимации характеристик нелинейных элементов.
3. Преимущества нелинейного усилителя по сравнению с линейным.
4. Усилитель с отсечкой анодного тока. Угол отсечки. Зависимость коэффициентов α_0 , α_1 , α_2 , α_3 , γ от угла отсечки.
5. Резонансный усилитель мощности в нелинейном режиме.
6. Эквивалентная схема нелинейного резонансного усилителя.
7. Энергетические соотношения при нелинейном усилении.
8. Элементы схем резонансных усилителей мощности.
9. Амплитудные характеристики нелинейного усилителя. Средняя крутизна.
10. Умножение частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. «Советское радио», М., 1967.



Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАМПОВОГО LC ГЕНЕРАТОРА

Цель работы состоит в исследовании мягкого и жесткого режимов работы лампового LC генератора.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо рассчитать коэффициент взаимной индукции M , при котором возникают колебания для мягкого и жесткого режимов работы автогенератора ($E_{г0} = 0$ и $E_{г0} = -5$ в соответственно) по следующим данным:

$$r = 66 \text{ ом}, C = 750 \text{ нф}, f_{рез} = 240 \text{ кгц}, \\ \text{лампа 6Н9С } \mu = 70.$$

Расчет вести по формуле:

$$K_{ос} = \frac{rC}{SL_2} + D, \text{ где } K_{ос} = \frac{M}{L_2}.$$

При выполнении лабораторной работы следует:

1. Снять колебательные характеристики для мягкого и жесткого режимов работы автогенератора. По снятым характеристикам рассчитать и построить зависимости средней крутизны $S_{ср}$ от амплитуды напряжения на сетке $U_{гт}$ [$S_{ср} = f(U_{гт})$] для указанных режимов работы автогенератора.
2. Снять зависимости напряжения на контуре U_k от коэффициента взаимной индукции M [$U_k = f(M)$] для мягкого и жесткого режимов работы автогенератора.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет M_7 , генератор стандартных сигналов ГЗ-7А, осциллограф С1-5 и ламповый вольтметр ВЛУ-2. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 7.1, а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 7.2. Исследование работы генератора производится по схеме автогенератора с ин-

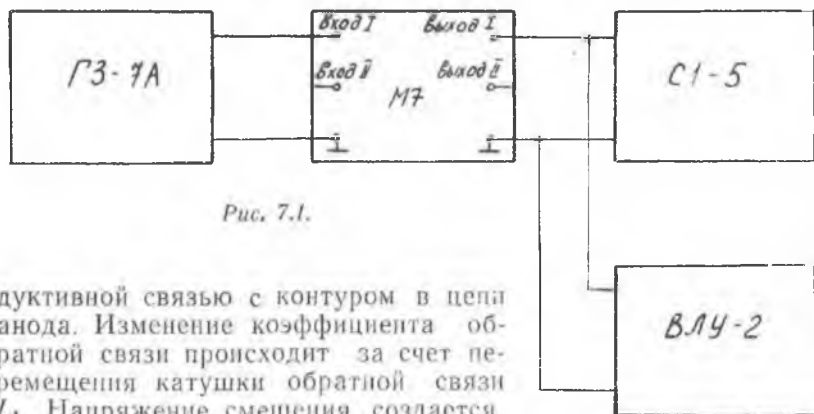


Рис. 7.1.

дуктивной связью с контуром в цепи анода. Изменение коэффициента обратной связи происходит за счет перемещения катушки обратной связи L_1 . Напряжение смещения создается за счет дополнительного источника при включении тумблера «толчок» (Π_2) в положение «включено». При снятии колебательных характеристик цепь обратной связи разрывается переключателем Π_1 (переключатель Π_1 ставится в положение «У»). Величина обратной связи определяется по величине коэффициента взаимной индукции M , значения которого определяются по градуировочному графику, приведенному на рис. 7.3.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 7.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, С1-5 и ВЛУ-2 к работе.
3. Поставить переключатель Π_1 в положение «У», переключатель «толчок» (Π_2) — в положение «выключено», переключатель «срыв» (Π_3) — в положение «выкл.».
4. С 75-омного выхода генератора ГЗ-7А подать на вход I лабораторного макета сигнал, равный $U_{\text{вх}} = 1 \text{ в}$.

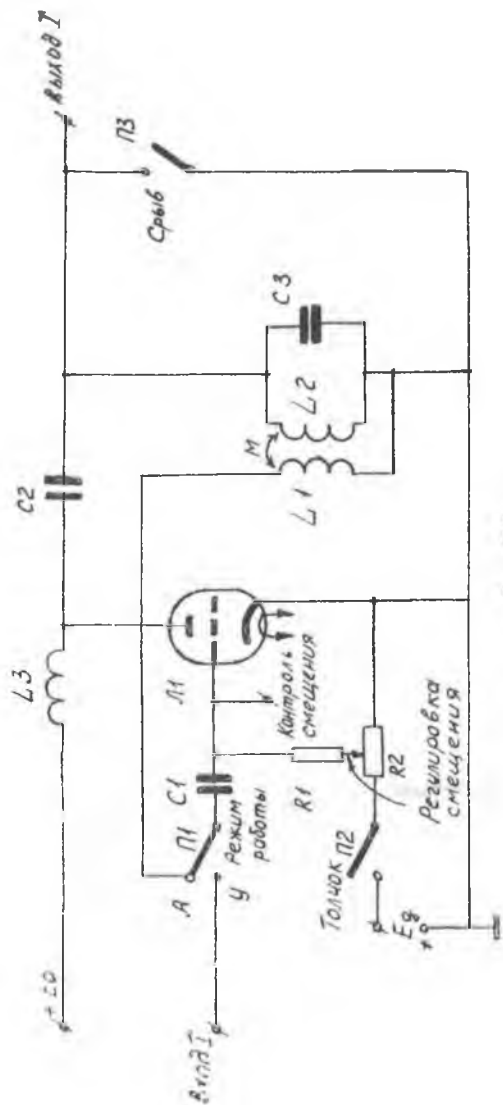


Рис. 7.2.

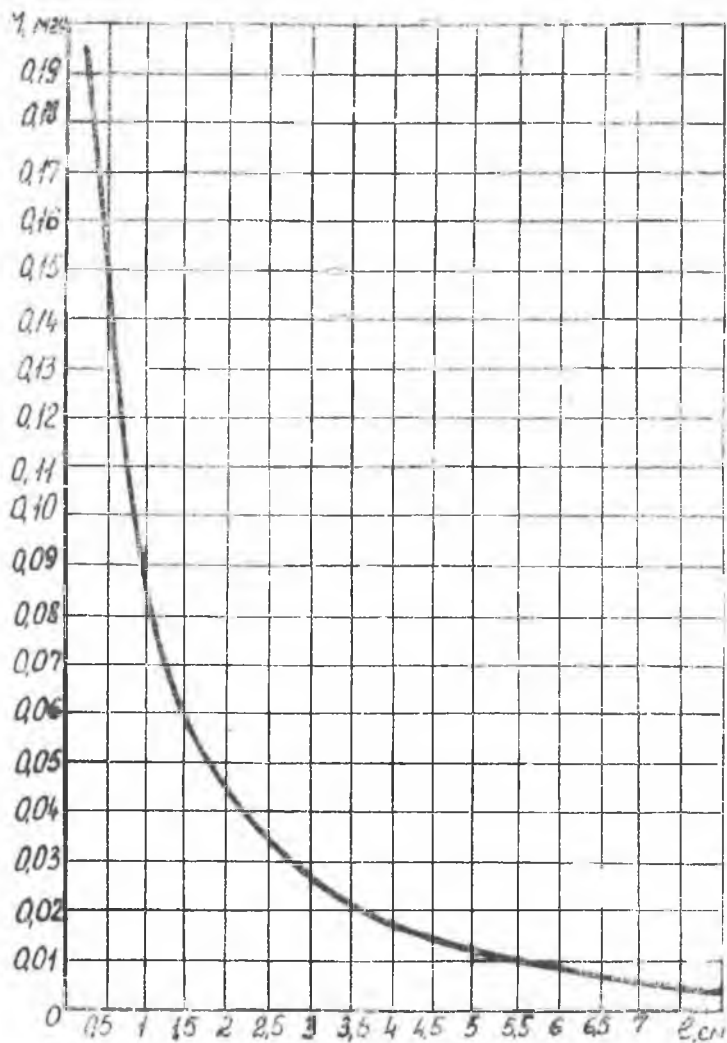


Рис. 7.3.

5. Изменяя частоту генератора, добиться максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа (настроить схему в резонанс).

6. Снять колебательные характеристики генератора, подавая на вход I макета напряжение резонансной частоты. Напряжение с выхода генератора ГЗ-7А изменять в пределах от 0 до 3 в (выход 75 ом) и от 3 в до 30 в (выход 1000 ом). На каждом диапазоне изменения напряжений генератора ГЗ-7А взять по 8-10 точек.

7. Поставить переключатель «толчок» (Π_2) в положение «включено». Ручкой «Регулировка смещения» установить напряжение смещения E_{g0} и повторить пункт 6. E_{g0} задается преподавателем (5-6 в).

8. Отключить генератор ГЗ-7А. Поставить переключатель Π_1 в положение «А».

9. Снять зависимости $U_k = f(M)$ для 2-х значений напряжения смещения:

$$E_{g0} = 0 \text{ и } E_{g0} = 5\text{-}6 \text{ в.}$$

Коэффициент взаимной индукции M необходимо изменять от минимального до максимального значения и наоборот — от максимального до минимального. При снятии этих зависимостей выяснить, как влияют на работу генератора переключатели «толчок» и «срыв».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Обобщенная схема автогенератора синусоидальных колебаний. Баланс фаз и баланс амплитуд.
2. Комплексная обратная связь.
3. Основные схемы автогенераторов.
4. Условия самовозбуждения автогенератора.
5. Установившийся режим работы автогенератора.
6. Зависимость средней крутизны S_{cp} от амплитуды напряжения на сетке U_{gr} при различных напряжениях смещения E_{g0} .
7. Фазовые портреты автогенераторов.
8. Дипатронный генератор.
9. Автогенератор с задержкой в цепи обратной связи.
10. АС — генераторы синусоидальных колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский, Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. II. Изд. «Советское радио», М., 1968.
2. А. А. Харкевич. Основы радиотехники. Связьиздат, 1963.

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ПОЛУЧЕНИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Целью работы является ознакомление с некоторыми схемами получения амплитудно-модулированных колебаний и экспериментальное исследование качественных и количественных соотношений в этих схемах.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Пользуясь учебной литературой, уяснить принцип работы амплитудных модуляторов сеточным смещением и анодным напряжением.
2. Рассчитать и построить модуляционные характеристики для лампы, анодный ток которой аппроксимирован выражением:

$$\begin{aligned} i_a(\text{ма}) &= 8 + \text{SUg}(\theta) && \text{для } E_{g0} > -8 \text{ в} \\ i_a &= 0 && \text{для } E_{g0} < -8 \text{ в} \end{aligned}$$

при подаче на сетку высокочастотного напряжения

- а) $U_{g2} = 1 \text{ в}$; б) $U_{g2} = 2 \text{ в}$; в) $U_{g2} = 4 \text{ в}$.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

3. Ознакомиться с установкой и используемой аппаратурой.
4. Экспериментально снять зависимости $J_{a1}(E_{g0})$ для трех

значений амплитуды высокочастотного напряжения

а) $U_{кв} = 1$ в; б) $U_{кв} = 2$ в; в) $U_{кв} = 4$ в

и построить графики.

5. Выбрать рабочие точки и осуществить гармоническую амплитудную модуляцию сеточным смещением, добиваясь максимальной глубины модуляции для всех трех случаев. Зарисовать полученные при этом колебания.

6. Экспериментально снять зависимости $J_{a1} = f(E_a)$ для трех значений амплитуды высокочастотного напряжения на сетке и двух значений сеточного смещения и построить графики.

7. Выбрать рабочие точки и осуществить гармоническую амплитудную модуляцию анодным напряжением, добиваясь максимальной глубины модуляции для всех шести случаев. Полученные при этом колебания зарисовать.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет M_8 , генератор стандартных сигналов ГЗ-7А, генератор звуковой частоты ГЗ-2, ламповый вольтметр ВК7-3 и осциллограф С1-5. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 8.1, а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 8.2

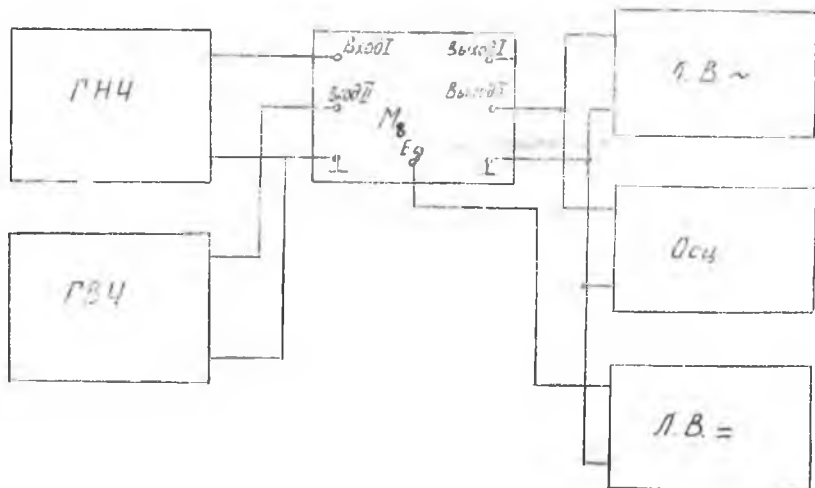


Рис. 8.1.

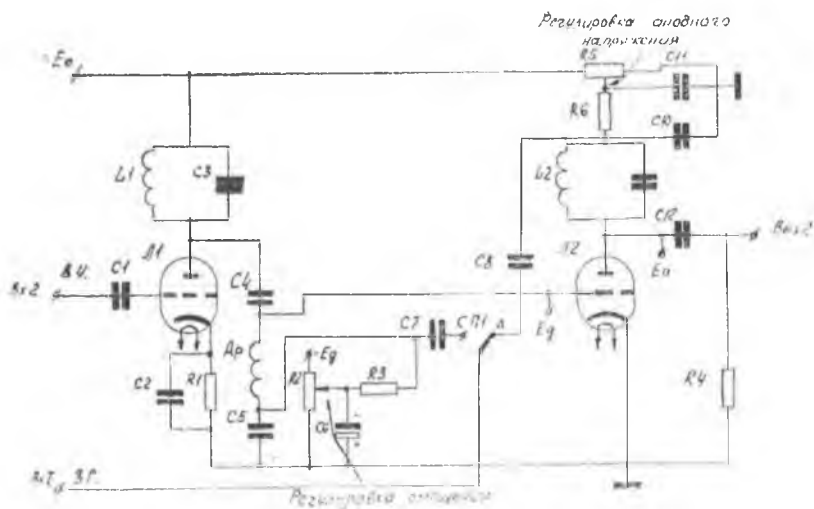


Рис. 8.2.

Напряжение высокой частоты с выхода генератора стандартных сигналов ГЗ-7А подается на вход резонансного усилителя, собранного на одной половине лампы 6Н9С (Л₁). Модулятор собран на второй половине лампы 6Н9С. При модуляции напряжением смещения на сетку лампы модулятора подаются 3 напряжения:

1. Высокочастотное напряжение с анода Л₁.
2. Модулирующее напряжение от генератора низкой частоты через переключатель П₁ (положение «С»).
3. Напряжение смещений с потенциометра R₃.

В анодной цепи модулирующей лампы стоит узкополосный фильтр, выделяющий первую гармонику высокочастотного напряжения, которое подается на клемму «Вых. 2», для измерения и наблюдения на экране осциллографа.

При исследовании схемы анодного амплитудного модулятора схема остается той же, но модулирующее напряжение через переключатель П₁ (положение А) подается на анод лампы Л₂. Во время экспериментального исследования необходимо измерять напряжение на сетке и на аноде модулирующей лампы. Для этого используются измерители с высокоомным входом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выполнения пункта 4 задания необходимо подключить приборы в соответствии с блок-схемой рис. 8.1.

2. Поставить переключатель П₁ вида модуляции в положение «С» (сеточная).

3. Установить напряжение на сетке $E_{g_0} = 0$, напряжение на аноде $E_a = 150$ в.

4. Подключить генератор высокой частоты к клемме «Вх. II» и установить напряжение порядка 0,1 в. Изменяя частоту генератора, определить резонансную частоту по максимальной амплитуде сигнала на выходе.

5. Установить напряжение высокой частоты $U_{g_{гв}} = 1$ в и снять зависимость $U_{\text{вых}}(E_{g_0})$. Аналогичные зависимости снять для $U_{g_{гв}} = 2$ в, $U_{g_{гв}} = 4$ в.

6. Построить графики $U_{\text{вых}}(E_{g_0})$. По этим графикам определить рабочие точки для каждого режима. Рабочая точка выбирается в середине линейного участка модуляционной характеристики.

7. Определить амплитуду максимального модулирующего напряжения по величине линейного участка. Подключить генератор модулирующего напряжения к клемме «Вх. I» и установить вышеопределенные напряжения. Зарисовать с экрана осциллографа напряжения на выходе модулятора.

8. Для выполнения пункта 6 задания необходимо переключатель П₁ установить в положение «А» (анодная).

9. Установить напряжение на сетке потенциометром R_2 , равным $E_{g_0} = -2$ в, напряжение на аноде $-E_a = 150$ в. Повторить операцию нахождения резонансной частоты (пункт 4 настоящего параграфа).

10. Установить высокочастотное напряжение на сетке $U_{g_{гв}} = 0,5$ в, напряжение смещения $E_{g_0} = -2$ в и, изменяя потенциометром напряжение на аноде от 150 в до 30 в, снять модуляционную характеристику $U_{\text{вых}}(E_a)$. То же самое повторить для $U_{g_{гв}} = 1$ в; $U_{g_{гв}} = 2$ в и $E_{g_0} = -4$ в.

11. Для выполнения пункта 7 задания необходимо повторить операции, указанные в пунктах 6 и 7 настоящего параграфа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность процесса модуляции?
2. Каковы условия медленности модулирующего напряжения?

3. Энергетические соотношения при АМ.
4. Сущность процесса модуляции сеточным смещением.
5. Сущность процесса модуляции анодным напряжением.
6. Линейные и нелинейные искажения при амплитудной модуляции.
7. Балансная амплитудная модуляция.

ЛИТЕРАТУРА

1. **И. С. Гоноровский** Радиотехнические цепи и сигналы. Часть II. Изд. «Советское радио», М., 1967.



Лабораторная работа № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Целью работы является ознакомление со схемой получения частотно-модулированных колебаний и экспериментальное исследование величины реактивного сопротивления «реактивной» лампы в зависимости от режима работы.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Пользуясь учебной литературой, изучить принцип работы и основные схемы получения частотной модуляции.

2. Рассчитать и построить зависимости эквивалентной реактивности от величины модулирующего напряжения Eg_0 для реактивной лампы, характеристика которой аппроксимируется выражением

$$i_a = 8 + \frac{1}{8} U g^2 \quad \text{для } E g_0 > -8 \text{ в;}$$
$$i_a = 0 \quad \text{для } E g_0 < -8 \text{ в,}$$

а в цепи делителя стоят конденсатор и резистор, произведение которых:

$$\text{а) } R_1 C_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ сек;} \quad \text{б) } R_2 C_2 = 2 \cdot 10^6 \text{ сек.}$$

При выполнении лабораторной работы необходимо:

3. Ознакомиться с установкой и используемой аппаратурой.

4. Экспериментально снять зависимости:
- высокочастотного тока реактивной лампы,
 - средней крутизны реактивной лампы и
 - частоты генератора

от напряжения смещения для двух случаев включения реактивной лампы: как эквивалентной емкости и как эквивалентной индуктивности.

5. Построить графики зависимостей $J_{a\omega}(E_{g0})$, $S_{cp}(E_{g0})$ и $f(E_{g0})$ определить рабочие участки на них.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Блок-схема установки приведена на рис. 9.1.

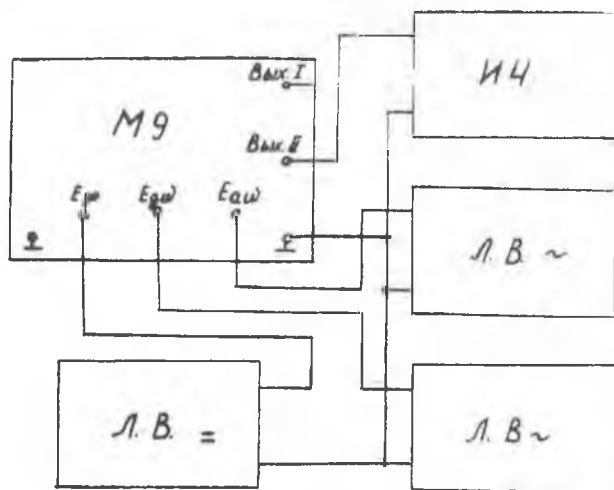


Рис. 9.1.

Принципиальная схема макета приведена на рис. 9.2. Схема содержит две лампы. На L_1 типа 6Ж3 собрана схема реактивной лампы, на L_2 типа 6К7 — схема генератора. Генератор представляет собой обычную индуктивную трехточку с параллельным питанием. Связь с реактивной лампой осуществляется через конденсатор C_4 . Реактивная лампа представляет собой обычный апериодический усилитель с обратной связью. Нагрузкой реактивной лампы служит резистор R_2 , параллельно соединенный с ним контур генератора

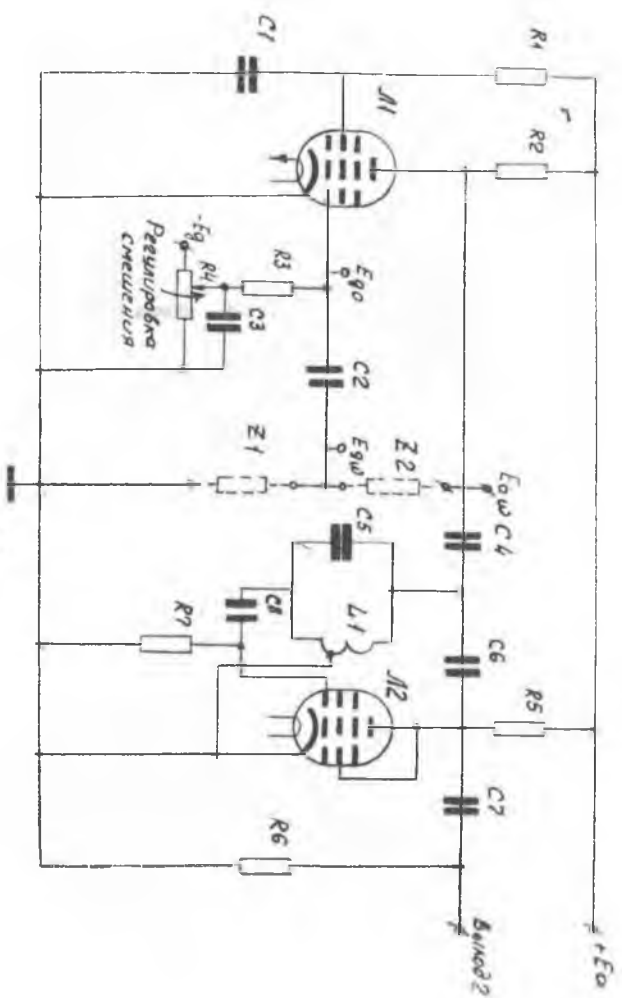


Рис. 9.2.

$L_1 C_5$, и резистор R_2 . Однако соотношение между ними выбрано таким образом, что практически нагрузкой реактивной лампы по переменному току является, в основном, только R_2 .

Цепь обратной связи состоит из двух сменных элементов z_1 и z_2 . Задача цепи обратной связи заключается в том, чтобы подать на сетку L_1 напряжение, сдвинутое на $\varphi_2 = \pm \frac{\pi}{2}$ относительно анодного.

Режим работы реактивной лампы определяется напряжением смещения, которое в процессе исследования варьируется потенциометром R_4 .

Для измерения напряжения смещения на сетке, высокочастотного напряжения в сеточной и анодной цепях, на макете выведены гнезда с соответствующими обозначениями.

Напряжение с выхода автогенератора выведено к клемме «Вых. II».

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подключить ламповый вольтметр постоянного тока к гнезду « E_{g0} », а высокочастотные головки еще двух ламповых вольтметров — к гнездам « U_{gw} » и « U_{aw} ». К клемме «Вых. II» подключить частотомер.

2. В гнездо « z_1 » вставить резистор $R = 2,7 \text{ кОм}$, а в гнездо « z_2 » — конденсатор $C = 240 \text{ нФ}$.

3. Включить питание и снять зависимости частоты автогенератора, высокочастотного напряжения на сетке U_{gw} и высокочастотного напряжения на аноде U_{aw} от изменения смещения E_{g0} .

4. По полученным данным рассчитать и построить зависимости $J_{aw}(E_{g0})$, $f(E_{g0})$, $S_{cp}(E_{g0})$

$$\text{Причем, } J_{aw} = \frac{U_{aw}}{R_2}, \text{ а } S_{cp} = \frac{J_{aw}}{U_{gw}}$$

Рассчитать эквивалентную реактивность.

На графиках указать области неискаженной частотной модуляции.

5. Отключив анодное питание, сменить элементы в гнездах « z_1 » и « z_2 ». В гнездо « z_1 » вставить конденсатор $C = 240 \text{ нФ}$, а в гнездо « z_2 » — резистор $R = 12 \text{ кОм}$ и повторить пункты 3 и 4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принципы реализации угловой модуляции.
2. Реактивная лампа, векторная диаграмма. Особенности режима работы.
3. Двухтактный частотный модулятор.
4. Использование параметрических элементов для осуществления частотной модуляции.
5. Основные соотношения при фазовой модуляции.
6. Использование частотных модуляторов для осуществления фазовой модуляции.
7. Использование амплитудного модулятора для осуществления фазовой модуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский, Радиотехнические цепи и сигналы. Часть II. Изд. «Советское радио», М., 1967.
-
-

Лабораторная работа № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ И ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Цель работы состоит в исследовании схемы диодного детектора при детектировании АМ колебаний и схемы фазового дискриминатора при детектировании ЧМ колебаний.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Рассчитать и построить зависимость выходного напряжения детектора от глубины модуляции $U_{\text{вых}}(M)$ для схемы, приведенной на рис. 10.1.

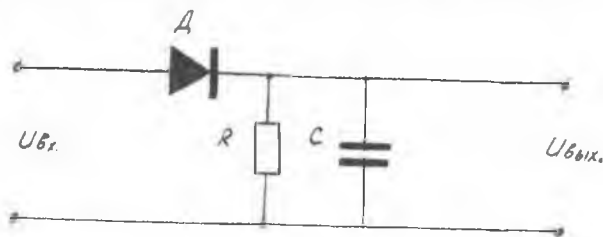


Рис. 10.1.

При подаче на вход напряжения:

$$U_{\text{вх}} = 10 (1 + M \cos 2\pi \cdot 10^3 t) \cos 2\pi \cdot 10^5 t(\theta).$$

Характеристику нелинейного элемента можно представить в виде:

$$i = 5U \text{ (мА)} \quad \text{для } U > 0;$$

$$i = 0 \quad \text{для } U < 0.$$

2. Рассчитать частотные характеристики амплитудного детектора $U_{\text{вых}}(F)$ для 3-х значений емкости нагрузки:

$$C_{\text{н}} = 0, \quad C_{\text{н}} = 500 \text{ нф}; \quad C_{\text{н}} = 10000 \text{ нф}.$$

При выполнении лабораторной работы следует:

3. Снять зависимости $U_{\text{вых}} = f(M)$ и $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{ш}})$ амплитудного детектора.

4. Снять частотные характеристики амплитудного детектора для 3-х значений емкости нагрузки:

$$C_{\text{н}} = 0; \quad C_{\text{н}} = 240 \text{ нф}, \quad C_{\text{н}} = 10000 \text{ нф}.$$

5. Снять частотные характеристики фазового дискриминатора для 2-х значений эквивалентного резонансного сопротивления контура при $R_{\text{ш}} = \infty$ и $R_{\text{ш}} = 12 \text{ ком}$.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет М10, генератор стандартных сигналов Г4-1А, генератор звуковой частоты ГЗ-2 и ламповый вольтметр ВЛУ-2.

Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 10.2. Принципиальная схема лабораторного макета приведена на рис. 10.3.

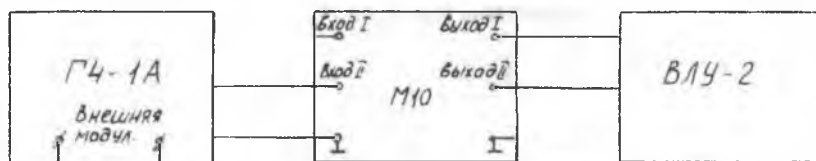


Рис. 10.2.

Лабораторный макет может служить как для детектирования амплитудно-модулированных, так и для детектирования частотно-модулированных колебаний.

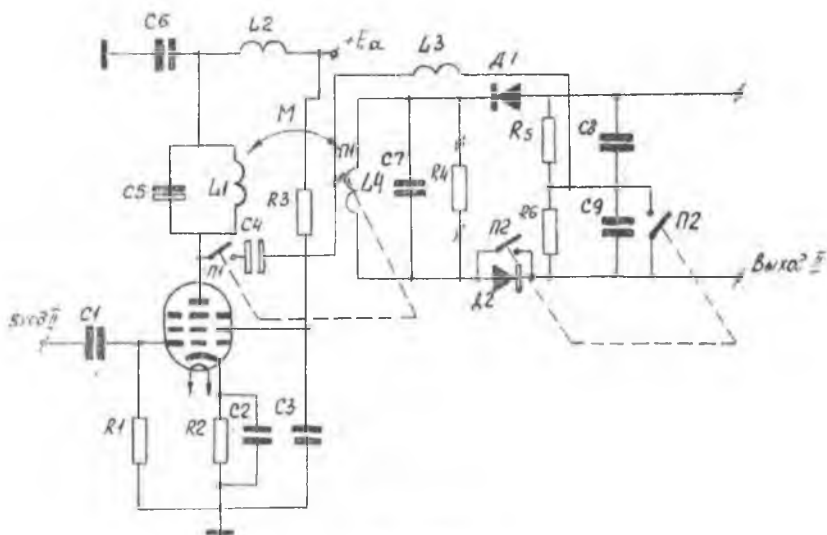


Рис. 10.3.

При исследовании схемы детектирования АМ колебаний высокочастотное напряжение генератора Г4-1А модулируется звуковым генератором ГЗ-2, переключатель П₁ ставится в положение «выключено», а переключатель П₂ — в положение «включено». Конденсатор нагрузки диодного детектора в этом режиме является сменным.

При исследовании схемы фазового дискриминатора переключатель П₁ ставится в положение «вкл.», а переключатель П₂ — в положение «выкл.». В этом режиме на вход макета подаются немодулированные колебания высокой частоты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исследование диодного детектора

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 10.2.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы Г4-1А, ГЗ-2, ВЛУ-2 к работе.
3. Поставить переключатель П₁ в положение «выкл.», П₂ — в положение «вкл.».
4. Установить выходное напряжение генератора Г4-1А равным $U_{\text{вх}} = 0,3$ в.

5. На клеммы «Внешняя модуляция» генератора Г4-1А подать напряжение звуковой частоты $F = 1000$ гц. Полученное АМ колебание подать на вход II макета М10.

6. Изменяя частоту генератора Г4-1А, настроить схему в резонанс.

7. Снять зависимость выходного напряжения детектора от коэффициента глубины модуляции $U_{\text{вых}} = \psi(M)$ при $U_{\text{вх}} = 0,3$ в.

Коэффициент глубины модуляции изменять от 0 до 100% (через 10%) изменением выходного напряжения генератора Г3-2.

8. Снять зависимость выходного напряжения детектора от амплитуды высокочастотного входного напряжения $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ при $M = 50\%$. Амплитуду высокочастотного входного напряжения изменять от 0 до 1 в через 0,1 в.

9. Снять частотные характеристики детектора для 3-х значений емкости нагрузки: $C_{\text{н}} = 0$, $C_{\text{н}} = 240$ пф, $C_{\text{н}} = 10000$ пф при $U_{\text{вх}} = 0,3$ в и $M = 30\%$. Частоту модулирующего сигнала изменять от 50 гц до 20 кгц (взять 10 точек).

Исследование фазового дискриминатора

1. Отключить от лабораторной установки (рис. 10.2) генератор Г3-2.

2. Поставить переключатель П₁ в положение «включено», переключатель П₂ — в положение «выключено».

3. С выхода генератора Г4-1А подать сигнал, равный 1 в на вход II макета.

4. Изменяя частоту генератора Г4-1А, настроить схему в резонанс. При этом напряжение на выходе детектора должно быть равно 0.

5. Снять частотные характеристики фазового дискриминатора $U_{\text{вых}} = \psi(f)$ при $U_{\text{вх}} = 1$ в. В обе стороны от частоты резонанса взять 10—12 точек при $R_{\text{ш}} = \infty$.

6. Зашунтировать контур сопротивлением $R_{\text{ш}} = 12$ ком и повторить пункт 5.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Детектирование слабых АМ сигналов.
2. Детектирование больших АМ сигналов.
3. Диодный детектор. Выбор параметров фильтра $R_{\text{н}}C_{\text{н}}$.

4. Нелинейные искажения при детектировании АМ сигналов.
5. Частотные искажения при детектировании АМ сигналов.
6. Частотный детектор с колебательным контуром.
7. Балансный частотный детектор с двумя взаимно расстроенными контурами.
8. Фазовый дискриминатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. **И. С. Гоноровский.** Радиотехнические цепи и сигналы. Ч. II. Изд. «Советское радио», М., 1967.
 2. **А. М. Заездный, В. Ф. Кушнир, Б. А. Ферсман.** Теория нелинейных электрических цепей. Изд. «Связь», М., 1968.
-
-

Лабораторная работа № 11

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ

Целью работы является экспериментальное исследование изменения основных параметров случайных сигналов при прохождении через линейные и нелинейные цепи.

ЗАДАНИЕ

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Пользуясь учебной литературой, уяснить основные закономерности изменения параметров случайных сигналов при прохождении через линейные и нелинейные цепи.

2. Начертить принципиальную схему лабораторной установки и разобраться в том, как она работает.

3. Рассчитать и построить графики плотности вероятности и корреляционной функции стационарного нормального случайного процесса, имеющего равномерный энергетический спектр $W(f) = 10^4 \frac{e^2}{\text{гц}}$ в диапазоне:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| а) от $f_1 = 0$ | до $f_2 = 2 \cdot 10^4$ гц; |
| б) от $f_1 = 1,2 \cdot 10^4$ гц | до $f_2 = 1,8 \cdot 10^4$ гц; |
| в) от $f_1 = 1,47 \cdot 10^4$ гц | до $f_2 = 1,53 \cdot 10^4$ гц. |

4. Рассчитать и построить графики плотности вероятности энергетического спектра и корреляционной функции тока на выходе линейного детектора, если на вход действует напряжение, указанное в пункте 3б).

При выполнении лабораторной работы необходимо:

5. Ознакомиться с установкой и используемой аппаратурой.

6. Снять зависимости плотности вероятности и энергетического спектра на выходе генератора шума.

7. Снять зависимости плотности вероятности и энергетического спектра после фильтра:

- а) с узкой полосой;
- б) с широкой полосой.

8. Снять зависимости плотности вероятности и энергетического спектра после нелинейного элемента.

9. Снять зависимости плотности вероятности и энергетического спектра после нелинейного элемента и узкополосного фильтра.

10. По экспериментально полученным в пунктах 6, 7, 8, 9 энергетическим спектрам построить корреляционные функции.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка для исследования прохождения случайных сигналов через линейные и нелинейные цепи имеет блок-схему, приведенную на рис. 11.1.

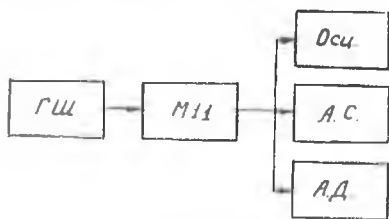


Рис. 11.1.

Принципиальная схема макета M_{11} приведена на рис. 11.2. Случайное напряжение от шумового генератора подается на вход «Вх. I» и далее на резонансный усилитель (П). Полоса пропускания усилителя может изменяться за счет шунтирования контура

L_1C_2 резистором R_3 . Напряжение после фильтра снимается со вторичной обмотки L_2 и поступает через переключатель Π_2 (положение II) на вход катодного повторителя \mathcal{L}_2B . С выхода катодного повторителя сигналы поступают на клемму макета «Вых. I», к которой подключаются измерительные приборы.

При выполнении пункта 8 задания измерения параметров случайного сигнала на выходе нелинейной цепи, переключатель Π_1 отключается (узкая полоса), а переключатель Π_2 переводится в I положение.

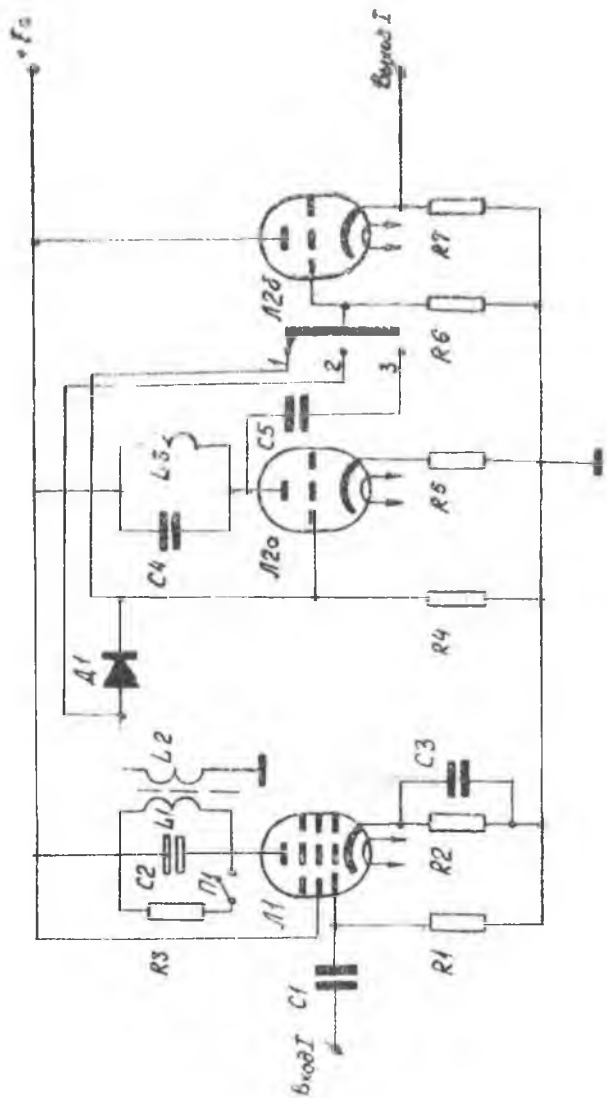


Рис. 11.2.

Для выяснения вопроса о влиянии узкополосного фильтра на случайный сигнал, прошедший через нелинейную цепь (пункт 9 задания), переключатель Π_2 переводится в III положение.

При этом случайный сигнал после диода проходит через узкополосный резонансный усилитель на лампе L_2a .

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выполнения пункта 6 задания собрать схему в соответствии с рис. 11.3.

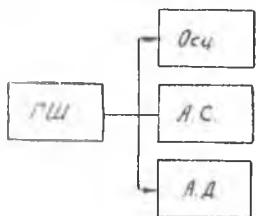


Рис. 11.3.

2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить все приборы к работе.

3. На генераторе шума установить полосу, равную 20 кГц, уровень шумового напряжения и снять зависимости плотности вероятностей и энергетического спектра.

4. Для выполнения пункта 7 задания собрать схему рис. 11.1. На генераторе шума установить уровень шумового напряжения. Переключатель Π_2 установить в положение I и снять зависимости плотности вероятностей и энергетического спектра для узкой полосы фильтра (переключатель Π_1 выключен) и широкой — переключатель Π_1 включен.

5. Для выполнения пункта 8 задания установить: Π_1 — выключено, Π_2 — положение I и снять зависимости плотности вероятностей и энергетического спектра.

6. Для выполнения пункта 9 задания установить: Π_1 — выключено, Π_2 — положение III и снять зависимости плотности вероятностей и энергетического спектра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные характеристики случайных процессов.
2. Как изменяются характеристики при прохождении случайных сигналов через линейную цепь?
3. Как изменяются характеристики при прохождении случайных процессов через нелинейную цепь?
4. Каково распределение вероятностей огибающей и фазы узкополосного нормального процесса?

ЛИТЕРАТУРА

1. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть II. Изд. «Советское радио», М., 1967.
 2. В. И. Тихонов. Статистическая радиотехника. Изд. «Советское радио», М., 1966.
 3. А. М. Заездный. Основы расчетов по статистической радиотехнике. Изд. «Связь», М., 1969.
-

ПРИЛОЖЕНИЕ I

БЛОК ПИТАНИЯ МАКЕТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Блок предназначен для питания макетов всех лабораторных установок всеми необходимыми напряжениями. Конструктивно блок питания выполняет роль подставки, на которую устанавливаются сменные макеты лабораторных работ.

Технические характеристики

Блок питания подключается к сети 220 в 50 гц. На выходе его имеются напряжения трех видов:

- 1) анодное напряжение со ступенчатой регулировкой 150 в, 250 в, 300 в,
- 2) напряжение сеточного смещения -15 в и -30 в;
- 3) напряжение накала 6,3 в.

Описание схемы и конструкции блока питания

Принципиальная схема блока питания приведена на рис. П.1.1, а конструкция — на рис. П.1.2.

Выпрямитель анодного напряжения собран по двухполупериодной схеме, фильтр его содержит дроссель и два конденсатора C_1 и C_2 . Для отключения анодного напряжения служит тумблер K_2 .

Выпрямитель сеточного смещения собран по однополупериодной схеме. В качестве фильтра используется цепь $R_1 C_2 C_1$.

На наклонной передней панели расположены 3 винта для крепления сменных схем лабораторных макетов. Слева расположены клеммы двух входов, земли и тумблер K_2 включения анодного напряжения.

Справа расположены клеммы двух выходов, земли и тумблер K_1 включения сети.

Переключатель анодного напряжения Π_1 и переключатель сеточного смещения Π_2 расположены на правой боковой стенке.

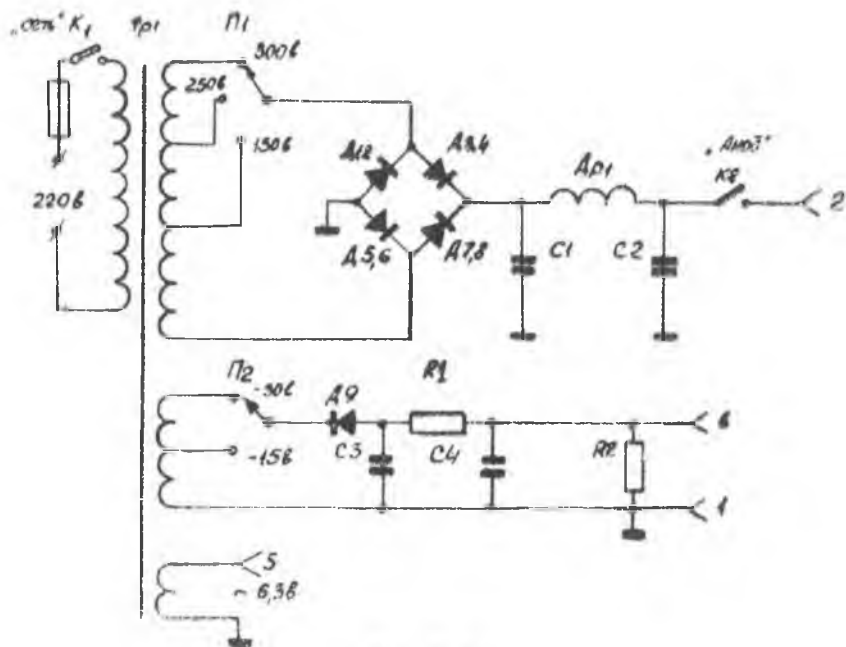


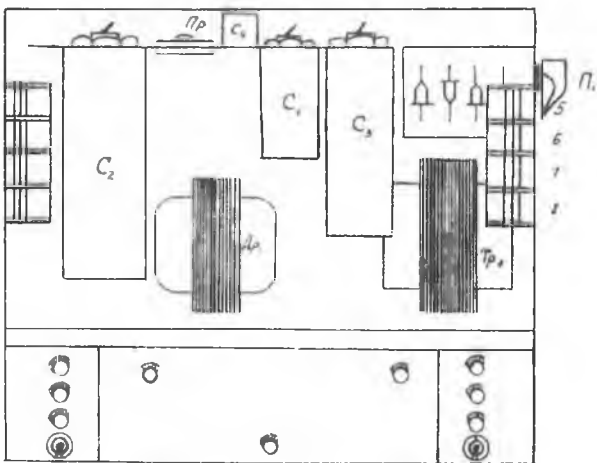
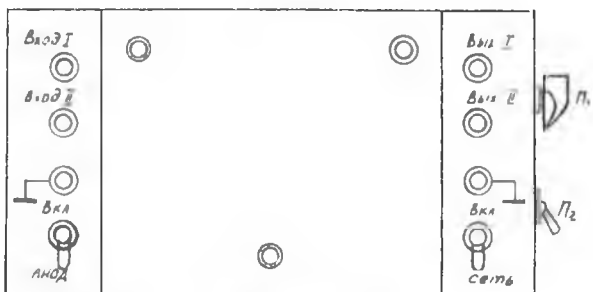
Рис. П.1.1.

Смешные макеты лабораторных работ устанавливаются сверху. При этом замыкаются 8 контактов макета с соответствующими контактами блока питания.

Обозначения контактов и схема соединений ясны из таблицы, приведенной на рис. П.1.2.

Правила пользования

1. Тумблеры K_1 — сеть и K_2 — анод выключить.
2. Установить макет нужной лабораторной работы. Проследить за тем, чтобы клеммы макета и выпрямителя имели надежные контакты.
3. Закрепить на передней стенке блока питания принципиальную схему соответствующей лабораторной работы.
4. Установить необходимые напряжения анода Π_1 и напряжение смещения Π_2 .
5. Включить сначала тумблер K_1 —сеть, а затем — тумблер K_2 —анод. Если по ходу выполнения лабораторной работы необходимо произвести какие-либо переключения или присоединения к макету, то предварительно обязательно нужно выключить анодное напряжение K_2 .



Эскиз блока питания.

Внешние «гнезда» той же панели блока питания	N	1	2	3	4	5	6	7	8
	Назначение	Корпус дым. нит.	+150 - 350 В входное питание	Вход I	Вход II	- 6,3 В нагрев	-15 - 30 В питание лампы- ной лампы	Выход I	Выход II

Рис. П. 1.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

АМПЛИТУДНЫЙ ДИСКРИМИНАТОР

Назначение прибора

Амплитудный дискриминатор предназначен для определения среднего времени пребывания сигнала без постоянной составляющей в определенном интервале уровней. В случае исследования эргодических случайных процессов эта величина пропорциональна вероятности нахождения случайного сигнала в этом интервале уровней, а изменяя величину уровня, можно получить функцию распределения вероятностей.

Технические характеристики

Амплитудный дискриминатор питается от сети 220 в 50 гц.

Уровень дискриминации может быть плавно изменен от -3 в до $+3$ в до 0,3 в.

Интервал между уровнями плавно регулируется в пределах от 0,1 до 0,3 в.

Входное сопротивление прибора 5,5 ком.

Описание принципа работы прибора

Блок-схема прибора приведена на рис. П.2.1.

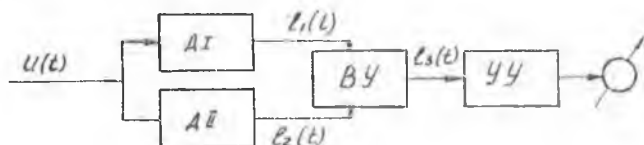


Рис. П.2.1.

Здесь D_1 и D_2 — дискриминаторы уровней;

ВУ — вычитающее устройство;

УУ — усредняющее устройство.

Принцип действия амплитудного дискриминатора заключается в следующем. Исследуемое напряжение поступает на два дискриминатора уровней. Первый из них срабатывает при превышении исследуемого напряжения порога U_1 , а второй — порога $U_1 + \Delta U$.

На выходе каждого дискриминатора образуется серия прямоугольных импульсов $e_1(t)$ и $e_2(t)$ (рис. П.2.2). Эти две серии импульсов воздействуют на вычитающее устройство ВУ. На выходе ВУ образуется серия импульсов $e_3(t)$, длительность которых пропорциональна нахождению $U(t)$ в интервале между уровнями U_1 и $U_1 + \Delta U$. В усредняющем устройстве УУ вырабатывается напряжение, пропорциональное времени нахождения сигнала $U(t)$ в интервале от U_1 до $U_1 + \Delta U$, которое измеряется вольтметром. Для получения зависимости плотности вероят-

ности необходимо ΔU сделать минимальным и последовательно устанавливать уровни дискриминации во всем диапазоне амплитуд исследуемого процесса.

Принципиальная схема амплитудного дискриминатора приведена на рис. П.2.3. Выпрямленное напряжение, стабилизированное стабилитронами D_1 и D_2 , поступает в цепь установки уровня. Последнее осуществляется потенциометром R_9 . Дискриминаторами являются обычные усилители, собранные на транзисторах 1Т308 с малым динамическим диапазоном, т. е. работающие в режиме ограничения. Разность уровней ограничения устанавливается резистором R_9 . В коллекторных цепях транзисторов образуются практически прямоугольные импульсы.

Прибор, включенный между коллекторами, реагирует на разность выходных напряжений, а благодаря его инерционным свойствам, отклонение стрелки пропорционально средней длительности разностных импульсов.

Величина среднего тока протекающего по прибору, зависит от разности уровней ограничения (дискриминаций). Для регистрации значения этого тока в пределах удобного участка шкалы служит переменный резистор R_{14} , который регулируется после установки разности уровней R_9 .

Правила пользования прибором

1. Установить тумблер «закон распределения» в положение «плотность вероятности».
2. Включить тумблер «сеть».
3. Ручкой установки уровня добиться максимальных показаний индикатора.
4. Ручкой «калибровка» установить стрелку индикатора в конце шкалы (90—100 делений) при подаче на вход исследуемого напряжения.
5. Подключить вольтметр постоянного тока к клеммам «уровень». Изменяя уровень напряжения от -3 в до $+3$ в, снять зависимость показаний индикатора (10—15 точек). Показания индикатора пропорциональны

$$U_1 + \Delta U \int_{U_1} f(U) dU.$$

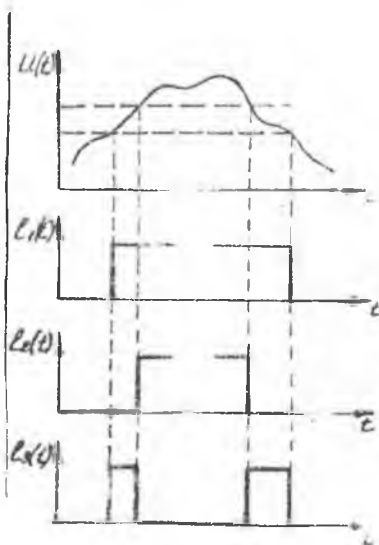


Рис. П. 2.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ ТИПА Г4-1А (ГСС-6А)

Генератор стандартных сигналов типа Г4-1А предназначен для проверки и настройки радиоприемников, работающих в диапазоне частот от 100 кГц до 25 мГц.

Технические характеристики прибора

1. Диапазон частот прибора от 100 до 25000 кГц с перекрытием с помощью восьми поддиапазонов:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| а) 100 + 180 кГц; | д) 1400 + 2800 кГц; |
| б) 180 + 350 кГц; | е) 2800 + 5800 кГц; |
| в) 350 + 700 кГц; | ж) 5800 + 12000 кГц; |
| г) 700 + 1400 кГц; | з) 12000 + 25000 кГц. |

2. Основная погрешность по частоте $\pm 1\%$.

3. Выходное напряжение на конце кабеля, нагруженного омическим делителем, составляет:

- а) от 0,1 до 1000 мкВ на контакте «0,1»;
- б) от 1,0 до 10000 мкВ на контакте «1»;
- в) от 10 до 100000 мкВ на контакте «10».

Напряжение 0—1 вольт выводится от плавного аттенуатора при максимальном выходном сопротивлении около 40 Ом отдельным гнездом с открытым кабелем.

4. Генератор имеет следующие режимы работы:

а) непрерывная генерация (н. г.);
б) внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 и 1000 Гц $\pm 5\%$ и коэффициентом глубины модуляции, регулируемым от 0 до 100%;

в) внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами от 50 до 4000 Гц на несущих частотах от 100 кГц до 500 кГц и от 50 до 8000 Гц на несущих частотах выше 500 кГц и коэффициентом глубины модуляции от 0 до 100%.

5. Напряжение звуковой частоты, необходимое для получения коэффициента глубины модуляции 80% при внешней амплитудной модуляции, не более 100 В.

6. Питание генератора от сети переменного тока с напряжением 220 В частоты 50 Гц.

Правила пользования прибором

Работа генератора в режиме непрерывной генерации

1. Поставить выключатель питания в положение «включено». При этом должна загореться индикаторная лампочка.

2. Вставить в гнездо «0-» 0,1 В» штеккер с кабелем, на конце которого имеется делительная колодка.

3. Установить переключатель рода модуляции в положение «внеш. мод.».

4. Повернуть переключатель «диапазон» в нейтральное положение между двумя цифрами, т. е. вывести переключатель из положения фиксации и механически установить стрелку левого измерителя на нуль.

5. Установить на нуль стрелку правого измерителя ручкой «установка нуля М %».

6. Установить нужную частоту в пределах диапазона прибора с помощью верньерной ручки.

КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ УСТАНОВКУ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЕМ ВИЗИРА

7. Установить переключатель «диапазон» в соответствующее положение.

8. Вращением ручки «установка уровня выхода» установить стрелку левого измерителя на риску «I». Манипулируя ручками «микровольты» и «множитель» и используя тот или иной зажим на делительной колодке кабеля, можно получить требуемую величину выходного напряжения в пределах от 0,1 мкв до 0,1 в. При этом необходимо следить, чтобы стрелка левого измерителя была на риске «I», производя подрегулировку в случае необходимости ручкой «установка уровня выхода».

Определение величины выходного напряжения в микровольтах производится путем умножения показания лимба «микровольты» на цифру ручки «множитель» и цифру используемого зажима делительной колодки кабеля.

Пример. Показание лимба «микровольты» = 5, ручки «множитель» = 10 и цифра зажима делительной колодки кабеля 0,1. Выходное напряжение будет равно: $5 \times 10 \times 0,1 = 5 \text{ мкв}$.

Для получения напряжения свыше 0,1 в прибор имеет второе выходное гнездо «0 - 1,0 в», на которое напряжение поступает прямо с переменного сопротивления «микровольты», которым можно регулировать величину снимаемого напряжения, производя отсчет по лимбу «микровольты». При установке стрелки левого измерителя на риску «I» и при положении указателя лимба «микровольты» «10» напряжение будет равно 1 в.

Выходное напряжение с гнезда «0 — 1 в» выводится кабелем, прилагаемым к прибору, не имеющим на конце делительной головки.

Работа генератора в режиме внутренней амплитудной модуляции

1. Поставить переключатель рода модуляции в положение 400 или 1000 гц.

2. Установить стрелку левого измерителя на риску «I» и, манипулируя ручкой «установка М %», непосредственно по показанию правого стрелочного измерителя, установить требуемый процент глубины модуляции в пределах от 10 до 100%.

Отсчет процента глубины модуляции по показанию правого стрелочного измерителя действителен только лишь при поддержании стрелки левого измерителя на риске «I».

Работа генератора в режиме внешней амплитудной модуляции

1. Поставить переключатель рода модуляции в положение «внеш. мод.».

2. Поставить напряжение от модулирующего генератора на зажимы «внеш. модул.».

3. Остальной порядок работы в режиме внешней модуляции такой же, что и при внутренней модуляции.

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР ТИПА ГЗ-2 (ЗГ-10)

Звуковой генератор типа ГЗ-2 представляет собой источник синусоидальных электрических колебаний звуковой частоты и предназначен для регулировки и испытания низкочастотных каскадов радиоаппаратуры в лабораторных и заводских условиях.

Технические характеристики прибора

1. Диапазон частот от 20 гц до 20 кгц с перекрытием 3-х поддиапазонов:

поддиапазон $\times 1$ 20 гц :- 200 гц;
 $\times 10$ 200 гц :- 2000 гц;
 $\times 100$ 2000 гц :- 20000 гц.

2. Максимальное выходное напряжение 60 в. Максимальная выходная мощность 5 вт.

3. Коэффициент нелинейных искажений не более 0,7%.

4. Неравномерность частотной характеристики относительно уровня на частоте 400 гц не более ± 1 дб.

5. Погрешность градуировки по частоте не превышает $\pm (0,02 + 1)$ гц.

6. Выходное напряжение регулируется:

а) плавно;
 б) ступенями через 1 дб от 0 до 100 дб двумя ступенчатыми делителями — через 1 дб от 0 до 10 дб и через 10 дб от 0 до 100 дб.

7. Выходное сопротивление генератора рассчитано на согласованные нагрузки 50, 200, 600 и 5000 ом.

8. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 50 гц 110, 127 и 220 в. Потребляемая мощность 150 ватт.

Правила пользования прибором

1. Перед включением прибора ручку «регулятор выходного напряжения» повернуть против часовой стрелки в крайнее положение.

2. Включить питание переключателем «вкл.—выкл.», при этом должна загореться сигнальная лампочка.

3. После 5-10-минутного прогрева прибора установить требуемую частоту с помощью вращающейся шкалы и переключателя «частота».

4. Произвести согласование выходного сопротивления генератора с сопротивлением нагрузки (если это требуется).

5. Установить требуемую величину выходного напряжения, пользуясь «регулятором выходного напряжения» (плавно) и двухступенчатыми регуляторами «затухание, дб».

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ ТИПА МГИ-1

Малогабаритный генератор импульсов типа МГИ-1 предназначен для проверки радиотехнических устройств и широко применяется в лаборатории и в полевых условиях.

Технические характеристики прибора

1. Генератор выдает на выходе импульсы обеих полярностей со фиксированными длительностями от 0,1 до 10 мксек. с регулировкой ступенями через 0,1 мксек.

2. Длительность фронта нарастания импульсов не превышает $0,075 \text{ мксек} \pm 0,5\%$ от установленного значения длительности импульса. Время спада не превышает $0,15 \text{ мксек} \pm 0,5\%$ от установленного значения длительности импульса. Частота следования импульсов плавно регулируется от 250 гц до 10 кгц и устанавливается с погрешностью не более $\pm 20\%$.

3. Весь диапазон разбит на пять поддиапазонов (в гц):

а) 250 :- 625; в) 1000 :- 2500; д) 4000 :- 10000;

б) 500 :- 1250; г) 2000 :- 5000;

которые обозначены соответственно «:4», «:2», «x2», «x4», «x1».

4. Амплитуда выходных импульсов не менее 60 в на нагрузке 1000 ом и емкости 100 пф (с учетом емкости кабеля) и плавно регулируется от 10 в до максимального значения. Для получения малых выходных напряжений генератор имеет аттенюатор с двумя ступенями деления (1 : 10 и 1 : 100). Выходное сопротивление аттенюатора 100 ом.

5. Генератор имеет отдельный выход импульсов синхронизации и для запуска внешних устройств и блоков. Импульсы синхронизации выдаются обеих полярностей длительностью 0,3 :- 1 мксек. с фронтом нарастания не более 0,15 мксек и амплитудой не менее 20 в на нагрузке 1000 ом и емкости 100 пф.

6. В приборе предусмотрена плавная задержка выходных импульсов относительно импульсов синхронизации на 10 :- 70 мксек, а также фиксированная задержка на 0,2 :- 0,5 мксек.

7. Запуск генератора может осуществляться от внешнего источника импульсами обеих полярностей длительностью не менее 0,5 мксек и синхронизальным напряжением частотой от 300 гц до 10 кгц.

8. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 115, 127 и 220 в частотой 50 и 400 гц.

Правила пользования прибором

Генератор может работать как в режиме внутренней, так и внешней синхронизации.

Режим внутренней синхронизации

1. Поставить переключатель «диапазон» в положение внутренней синхронизации (первые пять положений переключателя).

2. Установить требуемую частоту следования импульса переключателями «диапазон» и «частота следования», «килоггерцы».
 3. Установить требуемую длительность выходных импульсов переключателями длительности импульсов.
 4. Выбрать полярность выходного импульса переключателями «—□—», «—□/—».
 5. Потенциометр «амплитуда импульса» вывести в крайнее левое положение.
 6. Включить шланг питания в сеть.
 7. Включить тумблер «сеть» в положение «вкл.».
 8. Подключить коаксиальный кабель к гнезду «выход». При необходимости получить малую амплитуду импульса, последний может быть подан на делитель, позволяющий ослабить импульс в 10 и 100 раз.
 9. Установить заданную амплитуду импульса, для чего, включив тумблер «измерение» в положение «измерение», ручку потенциометра «вольты» установить на деление шкалы, соответствующее требуемой амплитуде. Ручкой «амплитуда» увеличивать напряжение импульса на выходном гнезде до момента зажигания неоновой лампочки. В момент зажигания амплитуда импульса равна значению, установленному на шкале потенциометра.
- Поворот ручки потенциометра значительно дальше положения, соответствующего моменту зажигания, приводит к искажению формы импульса на выходе. По окончании измерений тумблер «измерение» перевести в положение «выкл.».

Режим внешней синхронизации

1. Поставить переключатель «диапазон» в положение «внешняя синхронизация».
2. Подать запускающий импульс на коаксиальное гнездо «внешняя синхронизация», «вход».
3. Тумблер «—□—», «—□/—» установить в положение, соответствующее полярности запускающего импульса. При синхронизации синусоидальным сигналом частотой от 300 до 5000 гц установить тумблер «внешняя синхронизация» в положение «—□/—», а при частотах более 5000 гц — в положение «—□—».
4. Выбрать потенциометром «амплитуда синхрон.» необходимую величину запускающего сигнала до получения устойчивого запуска.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ГЕНЕРАТОР ШУМА НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ТИПА Г2-1 (ГШН-1)

Генератор шума ГШН предназначен для генерирования белого шума при производстве радиотехнических измерений в лабораторных условиях.

Технические характеристики

1. Генератор дает шумы в следующих диапазонах:
 50 гц — 20 кгц; 50 гц — 50 кгц;
 50 гц — 300 кгц; 50 гц — 6 мгц.

2. Номинальное напряжение на выходе 0,75 в эфф. Предел измерения выходного прибора 1 в эфф.

3. Спектральная плотность во всех диапазонах постоянна с точностью ± 1 дб. Ослабление за границей диапазонов не менее 30 дб на октаву.

4. Выходное напряжение меняется в пределах от 0 до -60 дб ступенями через 5 дб. Кроме того, имеется плавная регулировка выходного напряжения.

5. Напряжение на выходе аттенюатора в пределах -5 дб от 0,75 в контролируется квадратичным прибором с точностью 3% от значения 0,75 в.

6. Выходное сопротивление генератора 0,75 ом $\pm 1\%$.

7. Прибор работает от сети переменного тока с частотой 50 гц и напряжением 127, 220 в $\pm 5\%$ $\pm 15\%$.

Правила пользования прибором

1. Перед включением проверить, соответствует ли установка переключателя напряжения питания — предохранителя — номиналу сети. В гнездо питания «сеть» вставить колодку шнура питания, в гнездо «выход» — выходной кабель.

2. Тумблер выключения сети поставить в положение «вкл.». При этом загорается индикаторная лампочка на передней панели.

3. Переключателем «диапазоны» установить нужный диапазон.

4. Переключателем рода работы поставить в положение «выход». Ручку «выход плавно» повернуть влево до отказа, и после щелчка реле этой же ручкой установить по выходному прибору необходимое напряжение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ТИПА ГЗ-7А (ГС-100)

Генератор ГЗ-7А представляет собой источник синусоидальных электрических колебаний видеочастоты и предназначается для регулировки и испытаний широкополосных систем видеочастоты.

Технические характеристики прибора

1. Диапазон частот 20 гц :- 10 мгц с перекрытием с помощью восьми поддиапазонов:

- а) поддиапазон 20 гц :- 200 гц;
- б) „ 200 гц :- 2000 гц;
- в) „ 2 кгц :- 20 кгц;
- г) „ 20 кгц :- 200 кгц;
- д) „ 200 кгц :- 500 кгц;
- е) „ 500 кгц :- 1,4 мгц;
- ж) „ 1,4 мгц :- 4,0 мгц;
- з) „ 4,0 мгц :- 10 мгц.

2. Напряжение, снимаемое с выходных гнезд прибора:

а) не менее 30 в, начиная от 1 в, на нагрузке 1000 ом (выход «0.:-30 в»);

б) не менее 2 в, начиная от 100 мкв, на нагрузке 75 ом (выход «0:-2 в»).

В случае работы генератора на высокоомную нагрузку предусматривается возможность подключения к его выходу внутренней нагрузки, необходимой для правильной работы выходного аттенуатора. С помощью аттенуатора возможна регулировка выходного напряжения ступенями через 20 дб в пределах от 100 мкв до 2 мв.

3. Неравномерность частотной характеристики генератора при номинальном выходном напряжении не превышает 4,5 дб.

4. Питание генератора от сети переменного тока с напряжением ± 20 в частоты 50 гц и 115 в частоты 400 гц.

Правила пользования прибором

1. Включить прибор в сеть при помощи шланга питания.

2. Установить тумблер включения сети в положение «Вкл.», при этом должна загореться сигнальная лампочка.

3. Спустя 2—3 минуты после включения, установить нуль ручкой «установка нуля» стрелочного прибора, предварительно поставив переключатель «Пределы вольтметра» в положение «3 в».

4. В зависимости от необходимой величины входного напряжения на нагрузке установить пределы измерения вольтметра в нужное положение.

5. Установить при помощи ручки переключателя диапазонов необходимый диапазон частот.

6. Установить при помощи ручки установки частоты нужную частоту.

7. Установить тумблер «Генератор» в положение «Вкл.».

8. Установить с помощью ручек грубой и плавной регулировки выхода по шкале лампового вольтметра нужную величину.

9. В зависимости от требуемого выходного напряжения поставить переключатель аттенуатора с надписью «множитель» в соответствующее положение.

Примечание: а) при работе генератора с выхода «0:-2 в» переключатель аттенуатора ставится в положение, соответствующее нужной величине ослабления, а напряжение снимается с помощью специального кабеля с нагрузочным сопротивлением 75 ом. Отсчет выходного напряжения производится по вольтметру с последующим умножением на множитель аттенуатора и множитель делительной головки кабеля;

б) при работе генератора на нагрузку с входным сопротивлением около 1000 ом переключатель аттенуатора ставится в положение «внешняя нагрузка», а напряжение с помощью выходного кабеля снимается с гнезда «0:-30 в»;

в) при работе генератора на нагрузку с входным сопротивлением, значительно превышающим 1 ком, переключатель аттенуатора ставится в положение «внутренняя нагрузка». В этом случае напряжение снимается с гнезда «0:-30 в».

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ВОЛЬТОММЕТР ЛАМПОВЫЙ ТИПА ВК7-3 (А4-М2)

Вольтометр ламповый типа ВК7-3 предназначен для измерения постоянных и переменных напряжений, сопротивлений постоянному току, величин индуктивностей и емкостей.

Вольтометр переменного напряжения является вольтометром амплитудного тока, градуированным в эффективных значениях напряжения синусоидальной формы.

Технические характеристики прибора

1. Диапазон измерения напряжений постоянного тока от 0,1 до 1000 в разбит на 7 поддиапазонов: 1, 3, 10, 30, 100, 300 и 1000 в. При использовании высоковольтного щупа диапазон измеряемых напряжений постоянного тока расширяется в 10 раз до 3000 и 10000 в при установке переключателя диапазонов в положение «300 в» и «1000 в».

Верхний предел измеряемого напряжения постоянного тока при помощи высоковольтного щупа равен 8 кВ.

2. Диапазон измерения напряжений переменного тока синусоидальной формы от 0,1 до 1000 в при 7 поддиапазонах: 1, 3, 10, 30, 150, 300, 1000 в эфф.

3. Диапазон измерения сопротивлений постоянному току от 1 ом до 100 мгом при 7 поддиапазонах.

4. Входное сопротивление прибора при измерении напряжений постоянного тока равно 11 мгом $\pm 5\%$.

5. Входное сопротивление прибора при измерении напряжений частотой 50 гц с помощью высококачественного пробника на шкалах 1, 3, 10, 30, 150 в не ниже 3, 4 мгом, шунтированное емкостью не более 7 пф. Входное сопротивление на шкалах 300 и 1000 в при пользовании универсальным щупом на частоте 50 гц не менее 9 мгом, шунтированное емкостью менее 200 пф.

6. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220, 127 в частотой 50 гц и 115 в частотой 400 гц с соответствующим переключением.

Правила пользования прибором

Измерение постоянных напряжений

1. Подсоединить земляной и универсальный щупы к клеммам прибора.

2. Проверить соответствие положения переключателя напряжения питания имеющемуся напряжению сети. Напряжение сети указывает цифра, находящаяся сверху колодки переключателя напряжения сети, который находится в отсеке на задней стенке прибора. Переключатель должен быть в вертикальном положении.

3. Подсоединить шланг питания к прибору и включить его в сеть.
4. Установить универсальный щуп в положение, при котором видна красная полоска.

5. Установить переключатель рода работы в положение «+» или «-» вольт.

6. Установить переключатель пределов измерений в положение 1 в. Закоротить универсальный щуп с земляным шнуром и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора точно на «0».

7. Установить переключатель пределов измерений в соответствующее положение и произвести замер.

8. При работе на пределах 300—100 в и при измерении более высоких напряжений необходимо пользоваться высоковольтным щупом.

Измерение переменных напряжений

1. Установить универсальный щуп в положение, при котором не видна красная полоска.

2. Установить переключатель рода работы в положение «вольт».

3. Остальной порядок работы с прибором тот же, что и для постоянного тока (п.п. 6, 7).

При измерении напряжения с частотой выше 3 кГц необходимо пользоваться высокочастотным пробником. Перед замером необходимо открыть крышку на задней стенке кожуха и вынуть пробник. Зажим высокочастотного пробника нужно соединить с корпусом источника измеряемого напряжения, а щуп подсоединить к точке потенциал которой необходимо измерить.

Высокочастотным пробником можно измерять переменное напряжение не выше 150 в. Если пробник вынут из заднего отсека, замеры универсальным щупом переменного напряжения невозможны.

Измерение сопротивлений постоянному току

1. Установить переключатель рода работ в положение «ом», наконечник универсального щупа — в положение, при котором красная полоска не видна.

2. Установить переключатель пределов измерений в соответствии с ожидаемой величиной измеряемого сопротивления.

3. Проверить балансировку нуля и установку стрелки индикатора на бесконечность. Для чего:

а) универсальный щуп замкнуть на земляной щуп и ручкой «установка нуля» установить стрелку индикатора на нуль;

б) отключить универсальный щуп от земляного и ручкой «калибровка» установить стрелку индикатора на риску «∞» по шкале сопротивлений;

в) проверить операции «а» и «б» несколько раз до точного совпадения стрелки с делениями «0» и «∞».

4. Произвести измерения путем подсоединения измеряемого сопротивления между универсальным и земляным щупами.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ВОЛЬТМЕТР ЛАМПОВЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТИПА ВЛУ-2

Ламповый вольтметр типа ВЛУ-2 предназначен для измерения напряжений постоянного и переменного тока в лабораторных и цеховых условиях.

Технические характеристики прибора

1. Пределы измерения вольтметра напряжений постоянного и переменного тока от 0,1 до 150 в на пяти шкалах: 1, 5, 15, 50, 150 в (пределы измерения могут быть расширены до 5 кв применением промышленных делителей типа ДНЕ-8, ДНЕ-7 и ДНЕ-6).

2. Шкалы напряжений переменного тока даны в эффективных значениях переменного напряжения.

3. Вольтметр позволяет измерять как положительные, так и отрицательные напряжения постоянного тока без переключения полюсов измеряемого напряжения на входе вольтметра или делителя.

4. Частотный диапазон вольтметра от 20 гц до 400 мгц.

5. Активное сопротивление вольтметра на частоте 50 гц не ниже 16 мом, на частоте 100 мгц не ниже 50 ком.

6. Входная емкость пробника с низкочастотной головкой не более 7 пф и не более 3 пф с высокочастотной головкой.

7. Входное сопротивление вольтметра при измерении напряжений постоянного тока не ниже 25 мом.

8. Прибор питается от сети переменного тока 220 в \pm 10% с частотой 50 гц.

Правила пользования прибором

1. Перед включением прибора в сеть необходимо установить:

а) переключатель режима работы вольтметра в нужное положение;
б) переключатель «пределы измерения» на 150 в.

2. Включить прибор в сеть при помощи шланга питания.

3. Установить тумблер выключения сети в положение «включено», при этом должна загореться сигнальная лампочка.

4. Спустя 2—3 минуты после включения установить «пределы измерения» в положение 1,5 в.

5. Подключить вход вольтметра к предварительно обесточенному источнику измеряемого напряжения и ручкой «установка нуля» установить стрелку прибора на нулевую риску шкалы. Входом вольтметра при измерении постоянного напряжения являются клеммы « \equiv », « \equiv », при измерении переменного напряжения — пробник. Рекомендуется использовать низкочастотную головку пробника в диапазоне до 50 мгц.

6. Включить источник измеряемого напряжения и произвести измерение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ИМПУЛЬСНЫЙ СИНХРОСКОП ТИПА С1-5 (СИ-1)

Импульсный синхроскоп типа С1-5 предназначен для исследования импульсных и периодических процессов в лабораторных и полевых условиях.

Технические характеристики прибора



1. Чувствительность усилителя вертикального отклонения на частоте 100 кгц не менее 25 мм от пика до пика на 0,3 в эффективного значения напряжения при широкой полосе и не менее 25 мм на 0,1 в эффективного значения напряжения при узкой полосе,

2. Неравномерность частотной характеристики усилителя вертикального отклонения не более 3 дБ в диапазоне частот от 10 гц до 10 мгц для широкой полосы и от 10 гц до 500 кгц для узкой полосы.
3. Сопротивление входа усилителя вертикального отклонения не менее 0,5 мгом параллельно с емкостью не более 50 пф.
4. Чувствительность усилителя горизонтального отклонения на частоте 100 кгц не менее 25 мм от пика до пика на 0,3 в эффективного значения напряжения.
5. Неравномерность частотной характеристики усилителя горизонтального отклонения не более 3 дБ в диапазоне частот от 20 гц до 400 кгц.
6. Сопротивление входа усилителя горизонтального отклонения не менее 80 ком.
7. В приборе имеется 2 системы разверток:
 - а) ждущая, с девятью фиксированными диапазонами 1, 2, 5, 10, 30, 100, 300, 1000 и 3000 мксек \pm 20% на длине развертки 50 мм.
 - б) непрерывная с девятью диапазонами и плавной регулировкой частоты, обеспечивающей перекрытие всех диапазонов в пределах 20 гц — 200 кгц.
8. Напряжение запуска ждущей развертки не более 0,35 в импульсного значения напряжения. Напряжение синхронизации непрерывной развертки не более 0,12 в эффективного значения напряжения.
9. Калибрационные метки для измерения длительности импульсов установлены через 0,05; 0,2; 1,0; 5; 20 и 100 мксек.
10. В приборе имеется возможность подачи исследуемых напряжений непосредственно на отклоняющие электроды электронно-лучевой трубки.
11. Сопротивление входа на вертикально и горизонтально отклоняющие электроды трубки не менее 3,6 мгом параллельно с емкостью не более 30 пф.
12. Коэффициент деления входного делителя 1:1, 1:10, 1:100.
13. Питание прибора от сети переменного тока напряжением 127 и 220 в 50 гц и 115 в 400 гц.

Правила пользования прибором

1. Включить прибор в сеть при помощи плавкого питания.
2. Установить тумблер включения сети в положение «вкл.», при этом должна загореться шкала калибровки амплитуды.
3. Отрегулировать яркость так, чтобы пятно не было особенно ярким, но хорошо видимым (ручкой «яркость»).
4. Отрегулировать фокусировку так, чтобы пятно было возможно более круглым и маленьким (ручкой «фокус»).
5. Установить ручки «смещ. X» и «смещ. Y» так, чтобы светящееся пятно находилось в требуемом месте экрана.

Работа синхроскопа при ждущей развертке с синхронизацией исследуемым сигналом

1. Поставить переключатель рода работы в положение «жд. — » или «жд. — ».
2. Поставить переключатель синхронизации в положение «внутр.».
3. Поставить переключатель диапазонов развертки в соответствующее положение.

4. Поставить входной делитель в положение, соответствующее величине исследуемого напряжения. В положении переключателя «делитель» 1 : 100 входное напряжение может достигать 200 в амплитудного значения, а в других положениях переключателя — соответственно меньше.

5. Включить исследуемый сигнал на гнездо «вход У».

6. Вращая ручку «синхронизация», добиться устойчивого изображения на экране.

Работа синхроскопа в режиме непрерывной развертки с синхронизацией исследуемым сигналом

Методика работы та же, что и при ждущей развертке, только необходимо:

1) поставить переключатель «род работы» в положение «непрерывн.»;

2) переключатель «метки» — в положение «выкл.»;

3) ручкой «частота плавно» добиться стабильности изображения, а ручкой «синхронизация» при минимальной амплитуде синхронизации устранить проскальзывание изображения.

Работа синхроскопа при развертке с синхронизацией от внешнего источника

Для синхронизации развертки внешним источником необходимо включить выход источника внешней синхронизации на гнездо «вход Х» и поставить переключатель «род синхр.» в положение «внешн.». Установка остальных ручек управления та же, что и для развертки с синхронизацией исследуемым сигналом. При использовании внешнего источника синхронизации можно применять ждущую и непрерывную развертку.

Работа при развертке с синхронизацией от сети

Синхронизация от сети возможна только при непрерывной развертке. Для этого нужно переключатель «род синхронизации» поставить в положение «от сети», а ручкой «синхронизация» регулировать амплитуду синхронизации. Методика работы та же, что и при пользовании непрерывной разверткой с синхронизацией исследуемым сигналом.

Работа синхроскопа при развертке от внешнего источника

1. Поставить переключатель «род работы» в положение «усилит.».

2. Поставить переключатель «род синхронизации» в положение «внешн.».

3. Подать развертывающее напряжение на гнездо «вход Х».

4. Подать на гнездо «вход У» исследуемое напряжение.

Калибровка исследуемого сигнала по амплитуде

1. Подать исследуемый сигнал на гнездо «вход У».

2. При помощи переключателя «делитель» и ручки «усиление» установить на экране изображение сигнала не более 25 мм.

3. Отсчитать величину установленного изображения по масштабной сетке.

4. Запомнить положение входного делителя. Ручку «усиление» до конца измерений не сдвигать.

5. Поставить входной делитель в положение «калибр».

6. Ручкой «калибровка амплитуды» отрегулировать величину калибровочного сигнала так, чтобы получить изображение, равное по величине изображению исследуемого сигнала.

7. Отсчитать против риски на шкале погенциометра «калибр амплитуды» деление шкалы. При измерении амплитуды импульсов необходимо производить отсчет по шкале «имп.». При измерении синусоидальных напряжений нужно пользоваться шкалой «эфф.».

8. Определить амплитуду входного сигнала, умножив величину калибровочного напряжения на показатель деления входного делителя.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ТИПА ЧЗ-7 (ИЧ-7)

Измеритель частоты типа ЧЗ-7 является лабораторным прибором и предназначается для измерения частоты синусоидальных колебаний, частоты повторения отрицательных прямоугольных импульсов, а также количества оборотов различных вращающихся устройств.

Технические характеристики прибора

1. Измеритель обеспечивает измерение частоты колебаний кривой практически синусоидальной формы (не более 10%) в диапазоне от 10 гц до 50 кгц. Диапазон измеряемых частот перекрывается с помощью 12 поддиапазонов с верхними пределами: 100 гц, 200 гц, 500 гц, 1 кгц, 2 кгц, 5 кгц, 10 кгц, 20 кгц, 50 кгц, 100 кгц, 200 кгц, 500 кгц.

2. Измеритель обеспечивает измерение частоты повторения прямоугольных отрицательных импульсов в диапазоне от 10 гц до 20 кгц с длительностью на:

- 1) поддиапазонах 0,1 и 0,2 — 250;-1000 мксек;
- 2) „ 0,5 и 1,0 — 50;-150 мксек;
- 3) „ 2,5; 10 и 20 — 5;-15 мксек.

3. Измеритель частоты обеспечивает измерение числа оборотов различных вращающихся устройств от 150 до 10000 об./мин.

4. Основная приведенная погрешность прибора не превышает:

а) при измерении частоты синусоидальных колебаний на первых 10 поддиапазонах $\pm 1,5\%$, на двух последних — $\pm 2\%$ при любом действующем значении входного напряжения, лежащем в пределах от 0,1 до 300 в для частоты от 20 гц до 20 кгц и 0,5;-300 в для частот меньше 20 гц и больше 20 кгц;

б) при измерении частоты следования прямоугольных импульсов отрицательной полярности $\pm 2\%$ при амплитуде входного напряжения, лежащем в пределах от 5 до 50 в;

в) при измерении числа оборотов $\pm 1,5\%$.

5. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частоты 50 гц с номинальным напряжением сети 220 в. Дополнительная погрешность прибора, вызванная только изменениями напряжения питания на 5% от номинального, не превышает $\pm 1,5\%$ для первых десяти поддиапазонов и $\pm 2\%$ для последующих двух.

6. Частота внутреннего калибровочного генератора $10 \text{ кгц} \pm 5\%$.

7. Входное сопротивление прибора не менее 500 ком, входная емкость не более 15 пф.

Правила пользования прибором

1. Механическим корректором установить стрелку стрелочного измерителя на нуль.

2. Включить прибор в сеть.

3. Поставить тумблер включения сети в положение «вкл.», при этом должна загореться сигнальная лампочка.

4. Установить переключатель «пределы измерения» в положение «0,1-200», а переключатель поддиапазонов «кгц» в положение «10».

5. Установить тумблер «10 кгц—изм.» в положение «10 кгц».

6. Ручкой «калибровка» добиться установки стрелки измерителя на последнюю отметку шкалы.

7. Перевести переключатель «кгц» последовательно в положения «20» и «50». При этом показания стрелки отчетного прибора должны быть соответственно 20 и 50.

8. На клеммы «вход» подать напряжение источника измеряемой частоты соответствующей величины. При этом следует иметь в виду, что среднее гнездо соединено с корпусом прибора.

9. Переключатель «пределы измерения» установить в нужное положение.

10. Тумблер «10 кгц—изм.» установить в положение «изм.».

11. Переключатель «кгц» установить в положение, соответствующее измеряемой частоте. По показаниям стрелочного измерителя и положению ручек «пределы измерения кгц» и «кгц» произвести отсчет частоты измеряемого сигнала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПА СК4-3 (АСЧХ-1)

Анализатор спектра типа СК4-3 предназначен для визуального наблюдения спектра электрических периодических колебаний в звуковом диапазоне частот и позволяет судить об амплитуде и частоте каждого из синусоидальных колебаний, входящих в состав сложного исследуемого сигнала. Кроме этого, прибор дает возможность просмотра и исследования частотных характеристик четырехполюсников.

Технические характеристики прибора

1. Диапазон наблюдаемых частот от 20 гц до 20 кгц с четырьмя поддиапазонами:

1-ый поддиапазон от 20 гц до 500 гц;

2-ой " от 60 гц до 2 кгц;

3-ий " от 100 гц до 5 кгц;

4-ый " от 400 гц до 20 кгц

при минимально необходимом времени анализа соответственно 45; 15; 15 и 15 сек.

2. Динамическая разрешающая способность анализатора при минимально необходимом времени анализа составляет:

на 1-ом поддиапазоне — 12 гц;

на 2-ом " — 60 гц;

на 3-ем " — 100 гц;

на 4-ом " — 400 гц.

3. Время анализа и зависимости от положения переключателя «время анализа» плавно изменяется от 3 ± 1 до 15 ± 3 сек и от 6 ± 2 до 45 ± 5 сек.

4. Погрешность относительной оценки амплитуд гармонических составляющих по отношению к амплитуде первой гармоники (основной частоте) не более $\pm 10\%$ при минимально необходимом времени анализа.

5. Чувствительность анализатора спектра составляет:

на 1-ом поддиапазоне — 4 мв/мв;

на 2-ом " — 1,3 мв/мв;

на 3-ем " — 1 мв/мв;

на 4-ом " — 0,8 мв/мв при минимально необходимом времени анализа.

6. Напряжение, подаваемое на вход исследуемого 4-полюсника, плавно изменяется от 0 до 0,4;-0,6 в на нагрузке 600 ом.

Правила пользования прибором

1. Подключить блок питания к питающей сети напряжением 220 в частотой 50 гц и поставить тумблер «сеть» в положение «вкл.». При этом должны загореться сигнальные лампочки на блоке питания и блоке анализатора.

2. После 30-минутного прогрева прибора установить с помощью ручки «усиление по горизонтали» линию развертки в пределах экрана электронно-лучевой трубки.

3. Установить переключатель рода работ в положение «контроль», переключатель «масштаб кгц» в положение «0,5», время анализа порядка 3 сек. (крайнее левое положение ручки «время анализа»).

4. Установить с помощью ручки «усиление по вертикали» величину контрольного сигнала на экране электронно-лучевой трубки порядка 15;-20 мм.

Отрегулировать яркость и фокусировку осциллограммы и произвести настройку прибора по максимальному отклонению луча на экране электронно-лучевой трубки последовательно, сначала ручкой «подстройка второго гетеродина», а затем ручкой «подстройка первого УПЧ».

5. Установить ручку переключателя рода работ в положение «спектр», ручку «делитель» в положение «1000», ручку переключателя «масштаб кгц» в положение «0,5» и ручку «усиление по вертикали» на максимальное усиление (крайнее правое положение).

6. Ручкой «установка нач. отсчета частоты» начальный импульс, соответствующий началу отсчета частоты, установить в крайнюю левую точку горизонтальной линии развертки. Этот импульс необходимо сбалансировать до минимума с помощью ручек «балансировка I» и «балансировка II», но не до полного исчезновения, так как иначе затруднится определение отсчета по частоте.

Работа прибора как анализатора спектра

1. Установить ручку переключателя рода работ в положение «спектр», ручку «делитель» в положение «1000», ручку «усиление по вертикали» на максимальное усиление.

2. Подать на вход прибора напряжение исследуемого сигнала, установить для удобства наблюдения осциллограммы необходимый масштаб по частоте и скорость развертки, т. е. время анализа.

3. С помощью ручки «делитель», ручки «усиление по вертикали», ручки «усиление по горизонтали» установить исследуемую спектрограмму в пределах экрана электронно-лучевой трубки. При необходимости исследования амплитуд гармонических составляющих малой величины можно увеличить их амплитуду на экране электронно-лучевой трубки с помощью ручки «делитель». Оценка величины их относительно основной гармонической составляющей данного исследуемого сигнала должна производиться при этом с учетом положения ручки «делитель».

Работа прибора как измерителя частотных характеристик

1. Установить ручку переключателя рода работ в положение «ИЧХ», ручку «усиление по вертикали» на минимальное усиление, скорость развертки порядка 3 сек.

2. Установить с помощью ручки «усиление по горизонтали» линию развертки в пределах экрана электронно-лучевой трубки.

3. Подключить вход исследуемого четырехполюсника к выходным клеммам прибора, а выход четырехполюсника — на вход прибора.

4. Установить с помощью ручки «усиление по вертикали» необходимую величину напряжения на входе исследуемого четырехполюсника, а также необходимый масштаб по частоте, в зависимости от того, в каких пределах частот нужно просмотреть частотную характеристику. На экране электронно-лучевой трубки должна появиться осциллограмма, огибающая которой будет представлять собой частотную характеристику исследуемого четырехполюсника.

При работе прибора как измерителя частотных характеристик всегда следует иметь в виду, что:

а) при определении частотной характеристики четырехполюсника в пределах частот от 20 до 100 *гц*, при частотном масштабе 500 *гц*, следует внести коррекцию, т. е. учесть нелинейность собственной частотной характеристики прибора, которая определяется огибающей осциллограммы при замыкании клемм «вход» с клеммами «выход»;

б) в случае, если частотная характеристика представляет собой резонансную кривую, необходимо для просмотра ее установить скорость развертки порядка 15—40 сек;

в) при необходимости точного определения частот огибающей следует при помощи ручки «установка нач. отсчета частоты» установить начальный импульс, соответствующий началу отсчета по частоте, в крайнюю левую точку горизонтальной развертки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Правила выполнения работ в лаборатории	5
Правила безопасности для студентов, работающих в лаборатории	6
Работа № 1. Исследование спектров периодических сигналов	8
Работа № 2. Экспериментальное определение плотности вероятности некоторых случайных сигналов	13
Работа № 3. Исследование спектров радиосигналов	17
Работа № 4. Исследование прохождения дискретных сигналов через апериодические цепи	27
Работа № 5. Анализ прохождения радиосигналов через избирательные системы	33
Работа № 6. Исследование нелинейной системы	39
Работа № 7. Исследование лампового LC генератора	44
Работа № 8. Исследование схем получения амплитудно-модулированных колебаний	49
Работа № 9. Исследование схем получения частотно-модулированных колебаний	54
Работа № 10. Исследование схем детектирования амплитудно-модулированных и частотно-модулированных сигналов	59
Работа № 11. Исследование прохождения случайных сигналов через линейные и нелинейные цепи	64
Приложения	69

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Лабораторный практикум

Часть I

Редактор — *И. С. Кольшева*

Тех. редактор — *Н. М. Каленюк*

Корректор — *Н. П. Гордеева*

Подписано в печать 6.I.1972 г. Формат 60 × 84¹/₁₆.

Объем 5,75 печ. л. Тираж 1000. Цена 30 коп.

Куйбышевский авиационный институт им. С. П. Королева.
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Типография УЭЗ Куйбышевского авиационного
института им. С. П. Королева. Заказ № 1172.