

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. академика С. П. КОРОЛЕВА

Ю. С. Быховский, М. А. Берсжная

# О С Н О В Ы РАДИОЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Рассмотрен и одобрен  
редакционным советом института  
20 июня 1971 года

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторный практикум по курсу «Основы радиоэлектроники» содержит описание девяти лабораторных работ и 10 приложений.

Лабораторные работы расположены в порядке изучения разделов теоретического курса и проводятся фронтальным методом. Все описания имеют одинаковую структуру и принятую при изучении теоретического курса систему обозначений.

В каждой работе поставлен ряд контрольных вопросов для того, чтобы обратить внимание студентов на некоторые физические явления и на практические выводы. Эти вопросы будут служить основой для контроля знаний при защите лабораторных работ.

В приложениях 1 — 10 кратко описаны устройства и правила пользования основными измерительными приборами: ламповыми вольтметрами ВК7-3 и ВЛУ-2; генераторами стандартных сигналов Г4-18А, Г3-7А, Г3-2; электронным осциллографом С1-5; анализатором спектра СК4-3; универсальным блоком питания. Необходимость включения этих приложений в «Лабораторный практикум» обусловлена отсутствием краткого описания приборов в учебной литературе.

## § 1. 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.

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;

выводы по проделанной работе.

10. Защита лабораторных работ производится студентами в строго индивидуальном порядке. К защите не допускаются работы, содержащие принципиально неверные результаты, незавершенные 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 согласовать с теорией полученные результаты, 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 работам 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.

## **§ 2. 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 находиться при включенном 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 непроводящими предметами проводов и деталей, находящихся под напряжением.

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

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

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



## Лабораторная работа № 1

### СПЕКТРЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Целью работы является ознакомление со спектральными свойствами периодической последовательности импульсов при изменении их параметров.

#### ЗАДАНИЕ

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

1.  $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$     2.  $\tau_{\text{имп}} = 70 \text{ мксек}$     3.  $\tau_{\text{имп}} = 90 \text{ мксек}$   
 $F_1 = 1,5 \text{ кгц}$              $F_1 = 750 \text{ гц}$              $F_1 = 750 \text{ гц}$

#### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит макет М<sub>1</sub>, 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.

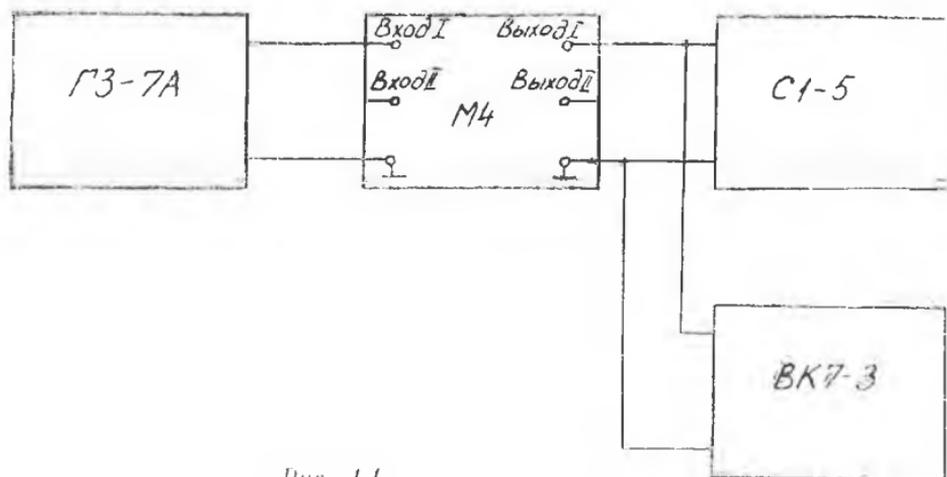


Рис. 1.1.

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 (Л1). Ограниченное синусоидальное напряжение дифференцируется  $R_5C_2$  цепочкой и устанавливается лампой 6С2С (Л2). На входе этой лампы стоит диод ДГЦ-22 (Д), срезающий положительную часть дифференцированного импульса. Полученный отрицательный импульс запускает ждущий мультивибратор, собранный на двойном триоде 6Н8С (Л3). Длительность импульса мультивибратора регулируется потенциометром  $R_{13}$ .

С выхода I лабораторного макета снимается напряжение прямоугольной формы определенной длительности и определенной частоты.

## 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 кГц, амплитуду 5 в и подать сигнал на вход I лабораторного макета.

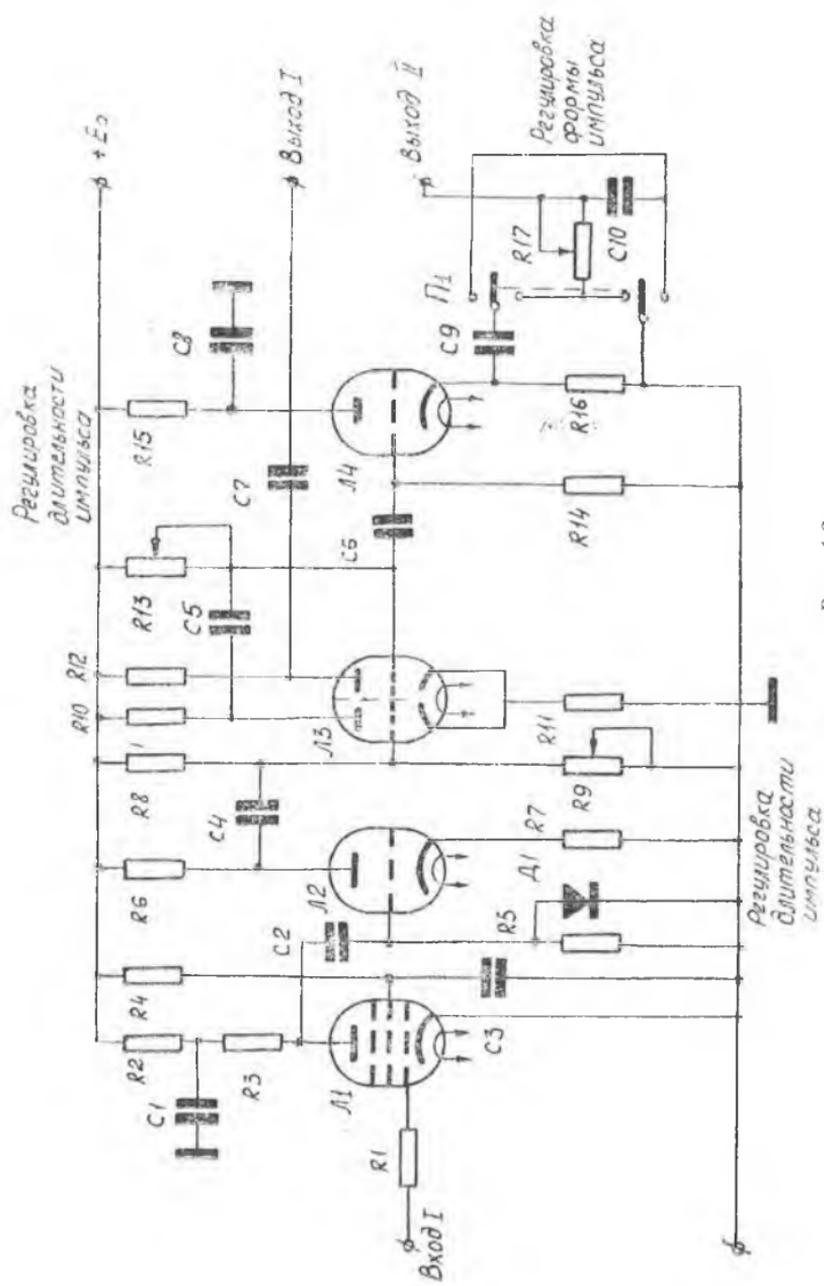


Рис. 1.2.

4. Подключить осциллограф к выходу I макета и установить на осциллографе прямоугольные импульсы частотой следования  $F_1 = 1,5$  кГц,  $\tau_{\text{имп}} = 70$  мксек (длительность импульса регулируется 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, равным 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 импульса  $F_1 = 750$  Гц,  $\tau_{\text{имп}} = 70$  мксек,  $E_{\text{вх}} = 5$  в и повторить пункт 6.

8. Установить длительность импульсов  $\tau_{\text{имп}} = 90$  мксек,  $F_1 = 70$  мксек,  $E_{\text{вх}} = 5$  в 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 видеоимпульсов.

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 сигнала 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.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гоноровский И. С. «Радиотехнические цепи и сигналы», ч. 1, «Советское радио», М., 1966.
  2. Харкевич А. А. Основы радиотехники. «Связьиздат», М., 1963.
  3. Зиновьев А. Л., Филиппов Л. И. Введение в теорию сигналов и цепей «Высшая школа», М., 1968.
-

## Лабораторная работа № 2

### СПЕКТРЫ РАДИОСИГНАЛОВ

Целью работы является ознакомление со спектральными свойствами амплитудно- и частотно-модулированных колебаний при изменении параметров модулирующего сигнала.

#### ЗАДАНИЕ

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

1. Амплитудно-модулированного колебания со следующими параметрами:

$$\begin{aligned} f_0 &= 12 \text{ кГц} \\ M &= 50 \% \\ F &= 750 \text{ Гц} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_0 &= 12 \text{ кГц} \\ M &= 50 \% \\ F &= 1500 \text{ Гц} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_0 &= 12 \text{ кГц} \\ M &= 80 \% \\ F &= 1500 \text{ Гц} \end{aligned}$$

2. Частотно-модулированного колебания со следующими параметрами:

$$\begin{aligned} f_0 &= 12 \text{ кГц} \\ m_{\text{чм}} &= 0,5 \\ F &= 2 \text{ кГц} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_0 &= 12 \text{ кГц} \\ m_{\text{чм}} &= 1 \\ F &= 1 \text{ кГц} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_0 &= 12 \text{ кГц} \\ m_{\text{чм}} &= 5 \\ F &= 1 \text{ кГц} \end{aligned}$$

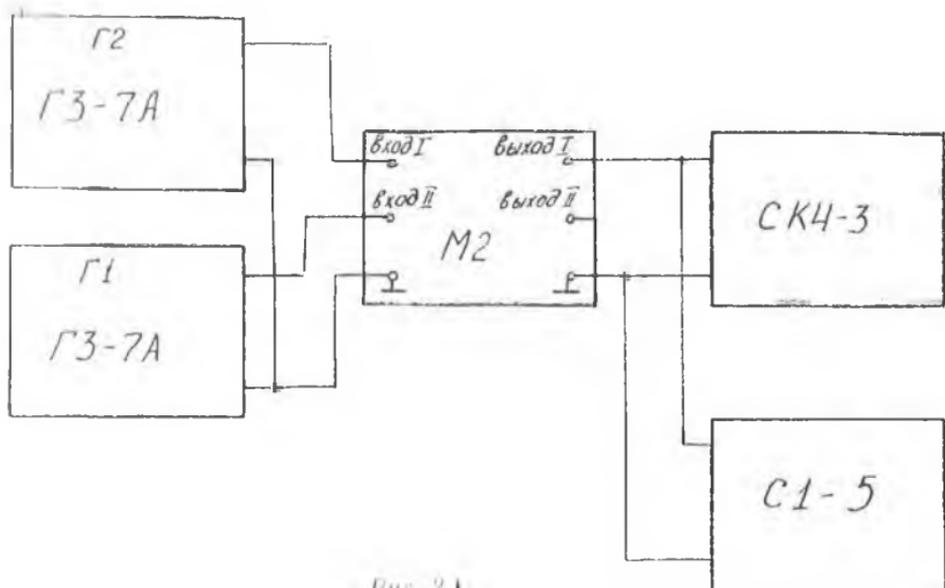


Рис. 2.1.

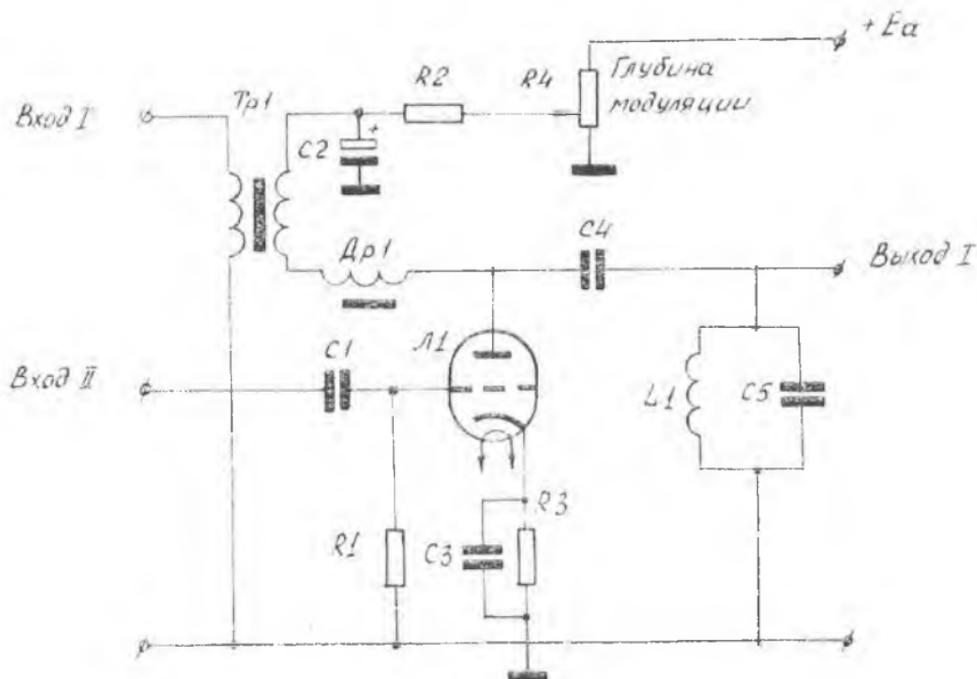


Рис. 2.2.

## ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка для исследования спектров АМ колебаний содержит лабораторный макет  $M_2$ , два генератора стандартных сигналов типа ГЗ-7А, один из которых является генератором несущей частоты  $f_0$ , 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. 2.1., а принципиальная схема лабораторного макета на рис. 2.2. Принцип работы лабораторного макета следующий: напряжение высокой частоты  $U_{f_0}$  со входа II через разделительный конденсатор С1 подается на сетку лампы 6В8С (Л1). Модулирующее напряжение  $U_{\mu}$  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  $R_4$ .

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. 2.3, а принципиальная схема лабораторного макета на рис. 2.4. Генератор несущей частоты собран на лампе 6Н8П (Л1) по схеме 2х-тактного генератора с катодной связью.

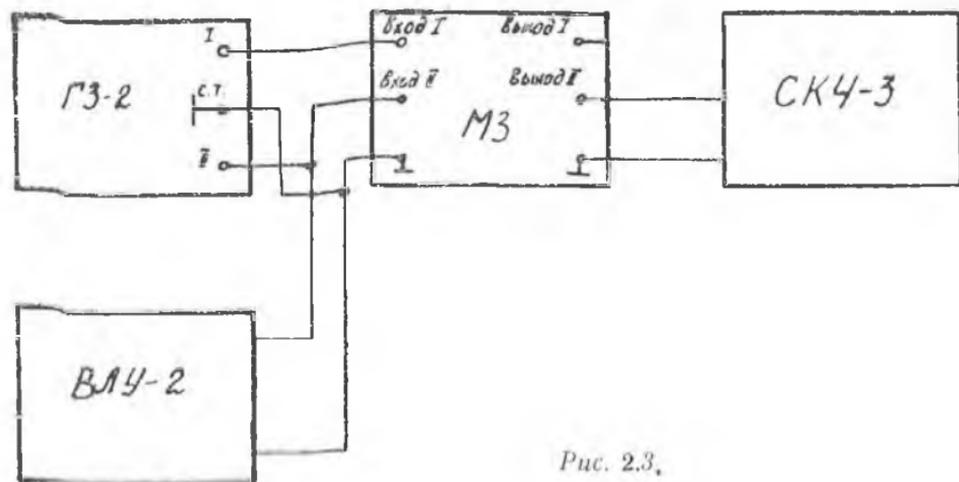


Рис. 2.3.

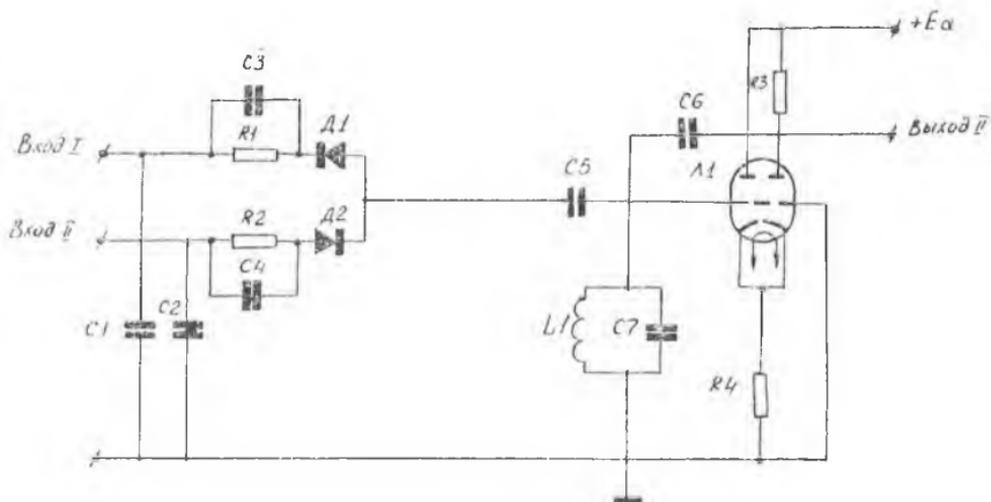


Рис. 2.1.

Модулирующее устройство собрано на диодах Д<sub>1</sub> и Д<sub>2</sub>. Модуляция частоты осуществляется за счет изменения угла отсечки, т. е. времени подключения емкости С<sub>5</sub> к колебательному контуру автогенератора.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### Исследование спектров АМ колебаний

1. Собрать установку согласно блок-схеме рис. 2.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, СК4-3, С1-5 к работе.
3. С 75-омного выхода генератора Г<sub>1</sub> (ГЗ-7А) подать сигнал равный  $U_{вх} = 1$  в на вход II макета.
4. Подключить осциллограф С1-5 к выходу I макета.
5. Изменяя частоту генератора Г<sub>1</sub> добиться максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа (настроить схему в резонанс).
6. С 1000-омного выхода генератора Г<sub>2</sub> (ГЗ-7А) подать сигнал с частотой  $F = 800$  гц на вход I макета. Изменяя напряжение 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 установить масштаб развертки, равным 20 кгц, время анализа 45 секунд.

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  $F = 1500$  гц.  $U_{bx} = 1$  в,  $M = 50\%$  и повторить пункт 8.

10. Установить коэффициент модуляции  $M = 80\%$ ,  $F = 1500$  гц,  $U_{bx} = 1$  в и повторить пункт 8.

### Исследование спектров ЧМ колебаний

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 2.3.

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 ручки «усиление» и «смещение» по горизонтали установить длину линии развертки равной 10 см.

4. Установить частоту генератора ГЗ-2 равной 2 кгц, индекс модуляции  $m_{чм} = 0,5$ . 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 модулирующий сигнал на вход СК4-3. Измерить амплитуды гармонических составляющих, частотный интервал между соседними гармониками и зарисовать картину спектра.

6. Установить частоту генератора  $F = 2$  кгц,  $m_{чм} = 1$  и повторить пункт 5.

7. Установить частоту генератора  $F = 1$  кгц,  $m_{чм} = 1$  и повторить пункт 5.

8. Установить частоту генератора  $F = 1$  кгц,  $m_{чм} = 5$  и повторить пункт 5.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Амплитудная модуляция. Энергетические соотношения при АМ.
2. Спектр АМ колебаний при гармонической модуляции.
3. Векторная диаграмма АМ колебаний.
4. Автокорреляционная функция АМ сигнала.
5. Угловая модуляция. Связь между частотной и фазовой модуляцией.
6. Частотная и фазовая модуляция простым гармоническим сигналом.
7. Спектр колебания при гармонической угловой модуляции для индекса модуляции  $m \ll 1$ .
8. Векторная диаграмма угловой модуляции при  $m \ll 1$ .
9. Спектр колебания при гармонической угловой модуляции для случая  $m > 1$ .
10. Спектральные диаграммы для различных частот модуляции  $\Omega$  при  $\omega_d = \text{const}$ .
11. Спектральные диаграммы для различных значений  $\omega_d$  при  $\Omega = \text{const}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

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

## Лабораторная работа № 3

### ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Целью работы является экспериментальное ознакомление с основными характеристиками линейного аperiodического усилителя (передаточной функцией и импульсной характеристикой) и исследование прохождения импульсных сигналов через некоторые линейные цепи.

#### ЗАДАНИЕ

1. Снять амплитудно-частотную характеристику аperiodического усилителя при нескольких значениях анодной нагрузки.

2. Снять импульсные характеристики аperiodического усилителя при нескольких значениях анодной нагрузки.

3. Исследовать прохождение трех периодических последовательностей прямоугольных импульсов  $\tau_1 = 7$  мксек,  $\tau_2 = 10$  мксек,  $\tau_3 = 15$  мксек через усилитель.

Записать осциллограммы и измерить длительности фронтов импульсов на выходе усилителя.

#### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Исследование прохождения дискретных сигналов через аperiodические цепи производится на макете М<sub>4</sub> содержащем:

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

Блок-схема макета на рис. 3.1., а принципиальная схема на рис. 3.2.

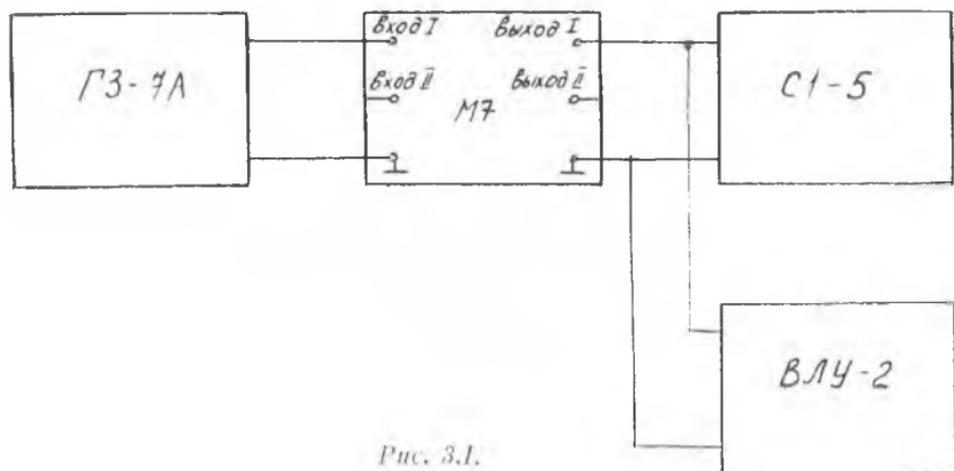


Рис. 3.1.

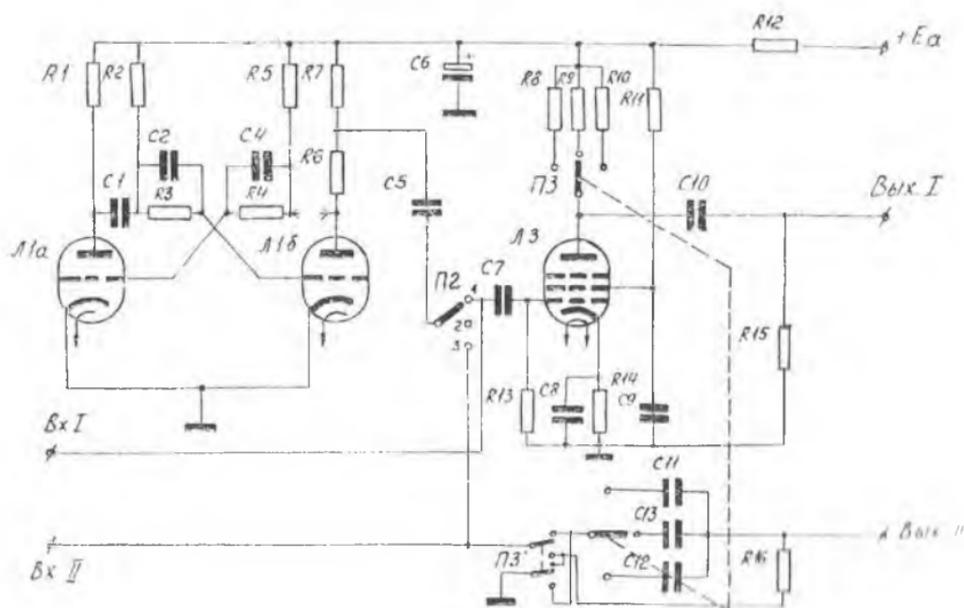


Рис. 3.2.

Таблица 1

$C_{\text{пф}}$	$\tau_{\text{миксек}}$
33	3
82	7
120	10
240	15

В качестве источника прямоугольных импульсов используется несимметричный мультивибратор на лампе Л1. Конструкция макета предусматривает возможность изменить величину емкости в одном из плеч мультивибратора. Ориентировочные значения конденсаторов и соответствующие им длительности импульсов приведены в таблице 1.

Прямоугольные импульсы с выхода мультивибратора поступают на общую плату переключателя П<sub>2</sub> и через него поступают на вход исследуемых схем. В положении I переключателя П<sub>2</sub> прямоугольные импульсы поступают на вход усилителя, в положении 3 — на вход дифференцирующих или интегрирующих схем, в положении 2 — генератор прямоугольных импульсов отключен.

Клемма «ВхI» соединена со входом апериодического усилителя, а клемма «ВхII» — с дифференцирующими и интегрирующими схемами.

Таблица 2

Положение П <sub>3</sub>	$R_{a_{\text{ком}}}$	$C_{\text{пф}}$
I	5,6	200
II	10	510
III	30	1500

Величина нагрузки апериодического усилителя и значения постоянной времени дифференцирующей (или интегрирующей) схемы устанавливаются переключателем П<sub>3</sub>. Значения величины сопротивления анодной нагрузки и значение емкости конденсатора дифференцирующей (или интегрирующей) схемы в зависимости от положения переключателя П<sub>3</sub> приведены в таблице 3.2.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 3.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, ВК7-3, С1-5 к работе.
3. Установить напряжение генератора ГЗ-7А, равным 0,3 в и подать на вход I лабораторного макета.
4. Поддерживая напряжение генератора постоянным, снять частотные характеристики усилителя  $K = f(\omega)$  для двух

значений сопротивления анодной нагрузки ( $R_{a1} = 10$  ком,  $R_{a2} = 30$  ком). Частотную характеристику снимать в диапазоне частот от 20 гц до 10 мгц (взять 15 — 20 точек).

5. Отключить генератор ГЗ-7А и ламповый вольтметр ВК7-3 от макета.

6. Поставить переключатель  $\Pi_2$  в положение I.

7. Установить с помощью сменного конденсатора длительность импульсов 3 мксек.

8. Поставить осциллограф С1-5 в режим «ждущей развертки».

9. Подключить осциллограф С1-5 к выходу I макета.

10. Зарисовать импульсные характеристики линейного усилителя для двух значений анодной нагрузки  $R_{a1} = 10$  ком и  $R_{a2} = 30$  ком.

11. Установить с помощью сменных конденсаторов длительности импульсов

$$\tau_1 = 15 \text{ мксек}$$

$$\tau_2 = 7 \text{ мксек}$$

$$\tau_3 = 10 \text{ мксек}$$

и зарисовать форму напряжения на выходе апериодического усилителя при 2-х значениях сопротивления анодной нагрузки  $R_{a1} = 10$  ком и  $R_{a2} = 30$  ком.

## 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 импульсная характеристика ее.
8. Интегрирующая схема, передаточная функция и импульсная характеристика ее.
9. Связь между спектром сигнала и передаточной функцией при дифференцировании и интегрировании.
10. Связь между длительностью импульсов и импульсной характеристикой при дифференцировании и интегрировании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гоноровский И. С. «Радиотехнические цепи и сигналы», ч. 1. Изд-во «Советское радио», 1965.

## Лабораторная работа № 4

### ЛИНЕЙНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Целью работы является исследование прохождения амплитудно-модулированного колебания и радиопульса с прямоугольной огибающей через линейный резонансный усилитель.

#### ЗАДАНИЕ

Исследовать прохождение АМ колебания через линейный резонансный усилитель: снять зависимость коэффициента демодуляции от частоты модулирующего сигнала  $D = \varphi(F)$  для максимальной и минимальной добротности контура  $Q_3 (R_{10} = \infty, R_{10} = 33_{\text{ком}})$ .

Исследовать прохождение радиопульса с прямоугольной огибающей через линейный усилитель:

определить длительность переднего фронта выходного импульса для максимальной и минимальной добротности контура  $Q_3 (R_{10} = \infty, R_{10} = 33_{\text{ком}})$ ;

выяснить зависимость изменения длительности импульса от изменения добротности контура;

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

## ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет М<sub>5</sub>, генератор стандартных сигналов Г4-18, 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. 4.1. Резонансный усилитель собран на пентоде 6Ж5П ( $\Lambda_2$ ). Нагрузкой его является колебательный контур, настроенный на частоту  $f=1100$  кГц. С помощью специальных гнезд ( $\Gamma$ ) на передней панели макета к контуру подключаются различные шунтирующие сопротивления  $R_{10}$  для изменения его добротности. Усилитель работает в линейном режиме.

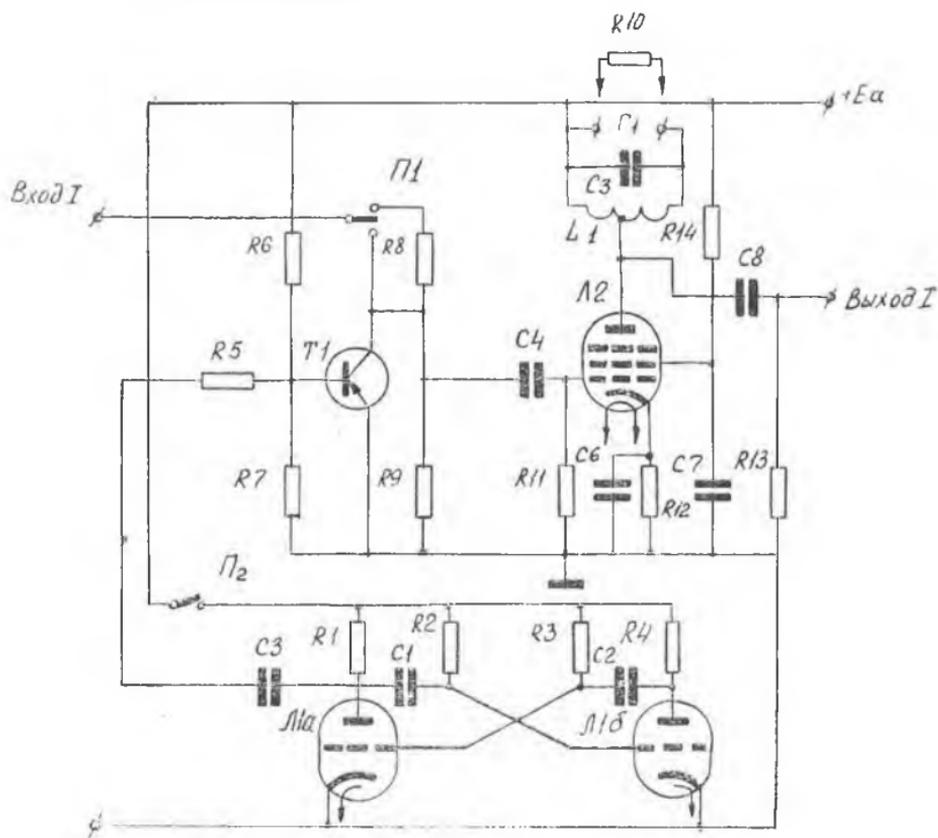


Рис. 4.1.

Генератор прямоугольных импульсов собран на лампе типа 6Н2П (Л<sub>1</sub>) по схеме симметричного мультивибратора. Коммутирующим устройством является ключ, собранный на транзисторе типа П16 (Т<sub>1</sub>).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### Исследование воздействия АМ колебания на линейный резонансный усилитель

Собрать установку согласно блок-схемы рис. 4.2.

Поставить переключатель П<sub>1</sub> — в положение I, П<sub>2</sub> — в положение — II.

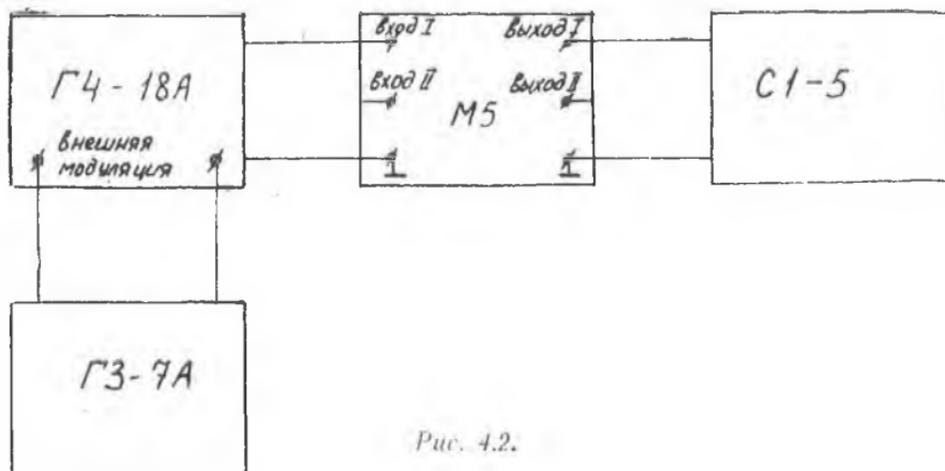


Рис. 4.2.

Установить напряжение генератора Г4-18А равным  $U_{д.л} = 0,5$  в,  $M = 30$  % (коэффициент глубины модуляции устанавливается изменением амплитуды модулирующего сигнала генератора Г3-7А).

Снять зависимость  $D = \frac{M_1}{M} = \varphi(F)$  в диапазоне частот от 500 гц до 10 000 гц (10 точек) для максимальной и минимальной добротности контура  $Q_s$  ( $R_{10} = \infty$ ,  $R_{10} = 33_{\text{ком}}$ ).

$M$  — коэффициент глубины модуляции входного сигнала.  
 $M_1$  — коэффициент глубины модуляции выходного сигнала.

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

### Исследование воздействия радиопульса с прямоугольной огибающей на резонансный усилитель

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 4.3.
2. Поставить переключатель  $\Pi_2$  в положение I, переключатель  $\Pi_1$  — в положение II.

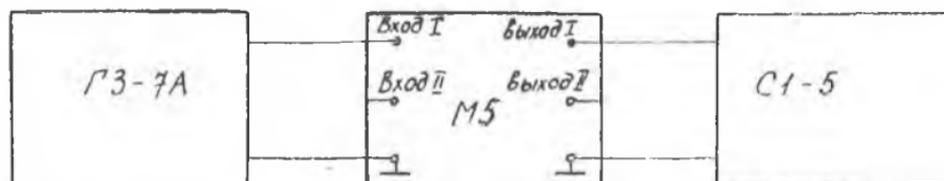


Рис. 4.3.

3. Подать с генератора ГЗ-7А входной сигнал  $U_{вх} = 0,5$  в.
4. Определить длительность переднего фронта импульса для максимального значения добротности контура  $Q_3 (R_{10} = \infty)$ . При измерении длительности  $\tau_{ф}$  необходимо на осциллографе включить калибровочные метки. При проведении данного опыта необходимо убедиться (по максимуму амплитуды радиопульса), что частота заполнения совпадает с настройкой усилителя.
5. Просмотреть изменение  $\tau_{ф}$  радиопульса в зависимости от различных значений  $Q_3 (R_{10} = \infty, R_{10} = 33_{ком})$ . Для каждого значения  $Q_3$  зарисовать форму выходного радиопульса.
6. Пронаблюдать за искажением формы выходного радиопульса 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 положения.
4. Прохождение амплитудно-модулированного колебания через резонансные системы.
5. Прохождение радиопульса с прямоугольной огибающей через колебательный контур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гоноровский И. С. «Радиотехнические цепи и сигналы», ч. 1. Изд-во «Советское радио», 1966.

## Лабораторная работа № 5

### НЕЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА

Целью работы является ознакомление с кусочно-линейным методом аппроксимации характеристик нелинейных элементов и снятие кривых Берга.

#### ЗАДАНИЕ

1. Снять кривые Берга (зависимости  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$  от углов отсечки  $\theta$  при  $J_{max} = \text{const}$ ).
2. По снятым кривым выбрать оптимальный режим работы нелинейного элемента для удвоения частоты.
3. Исследовать резонансный усилитель в режиме удвоения частоты.

#### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет  $M_6$ , анализатор спектра СК4-3, генератор стандартных сигналов ГЗ-7А, ламповый вольтметр ВЛУ-2 и осциллограф С1-5. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 5.1, а принципиальная схема лабораторного макета—на рис. 5.2.

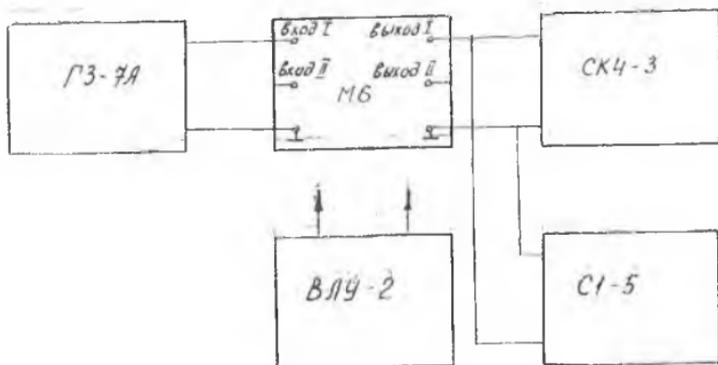


Рис. 5.1.

Нелинейным элементом в данной схеме является диод  $D_1$ . Напряжение смещения диода изменяется потенциометром  $R_2$ . Переключатель II служит для подключения нелинейной цепи к выходу I макета или ко входу линейного резонансного усилителя, собранного на лампе Л1 и настроенного на 2-ю гармонику входного сигнала.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 5.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, СК4-3, ВЛУ-2 и СИ-5 к работе.
3. Поставить переключатель II в положение I. Ручку потенциометра «Регулировка» вывести в крайнее левое положение.
4. Установить частоту генератора ГЗ-7А, равной 5 кГц.
5. Изменяя амплитуду сигнала с выхода генератора ГЗ-7А и напряжение смещения  $E_{гос}$ , установить угол отсечки  $\theta = 30^\circ$ . С помощью осциллографа СИ-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 равной 8 см. С помощью ручки «смещение» по вер-

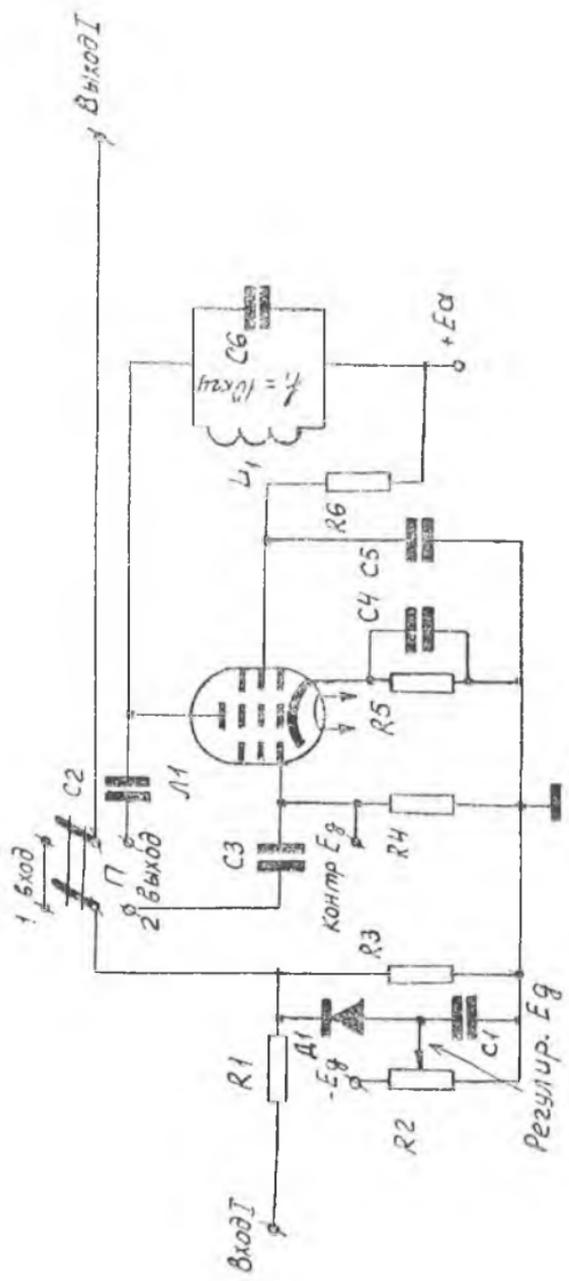


Рис. 5.2.

тикали установить линию развертки на 2 см ниже нуля шкалы.

7. Подать сигнал с выхода I макета на выход анализатора спектра СК4-3 и определить амплитуды и частоты спектральных составляющих.

8. Прodelать операции пунктов 5 и 7 для углов отсечки  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ .

9. Установить угол отсечки  $\Theta$ , соответствующий максимальному значению второй гармоники, частоту генератора ГЗ-7А — 5 кГц. Переключатель II поставить в положение 2. 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  $L_0$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $\gamma$  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.

## ЛИТЕРАТУРА

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



## Лабораторная работа № 6

### LC — ГЕНЕРАТОР

Целью работы является исследование мягкого и жесткого режимов работы лампового LC — генератора.

#### ЗАДАНИЕ

1. Снять колебательные характеристики для мягкого и жесткого режимов работы автогенератора. По снятым характеристикам рассчитать и построить зависимости средней крутизны от амплитуды напряжения на сетке  $S_{cp} = \psi(U_{gm})$  для указанных режимов работы автогенератора.

2. Снять зависимости напряжения на контуре от коэффициента взаимной индукции  $U_k = \chi(M)$  для мягкого и жесткого режимов работы автогенератора.

#### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет М7, генератор стандартных сигналов ГЗ-7А, осциллограф С1-5 и ламповый вольтметр ВЛУ-2.

Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 6.1., а принципиальная схема лабораторного макета на

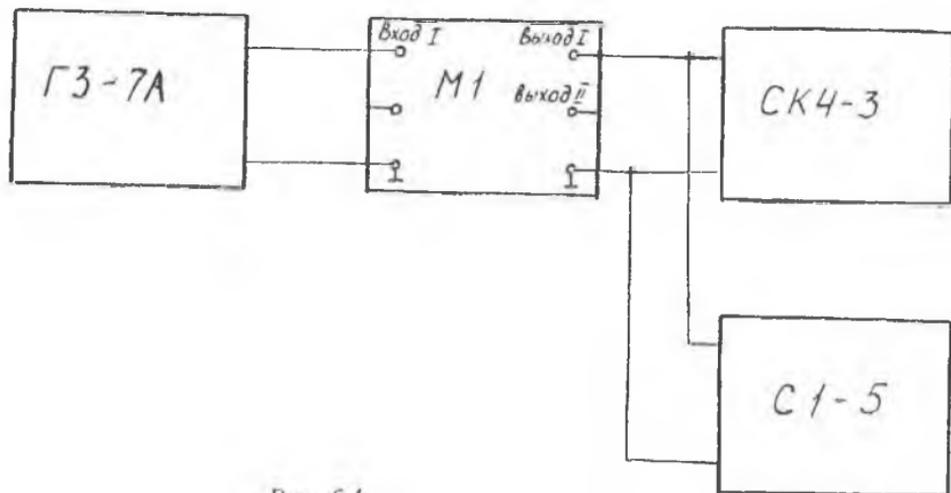


Рис. 6.1.

рис. 6.2. Исследование работы генератора производится по схеме автогенератора с индуктивной 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» ( $\Pi_2$ ) в положение «включено». При снятии колебательных характеристик цепь обратной связи разрывается переключателем  $\Pi_1$  (переключатель  $\Pi_1$  ставится в положение «У»). Величина обратной связи определяется по величине коэффициента взаимной индукции  $M$ , значения которого определяются по градуировочному графику на рис. 6.3.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 6.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, С1-5 и ВЛУ-2 к работе.
3. Поставить переключатель  $\Pi_1$  в положение «У», переключатель «толчок» ( $\Pi_2$ ) в положение «выключено», переключатель «срыв» ( $\Pi_3$ ) в положение «выкл.».
4. С 75-омного выхода генератора ГЗ-7А подать на вход I лабораторного макета сигнал, равный  $U_{0x} = 1$  в.
5. Изменяя частоту генератора, добиться максимальной

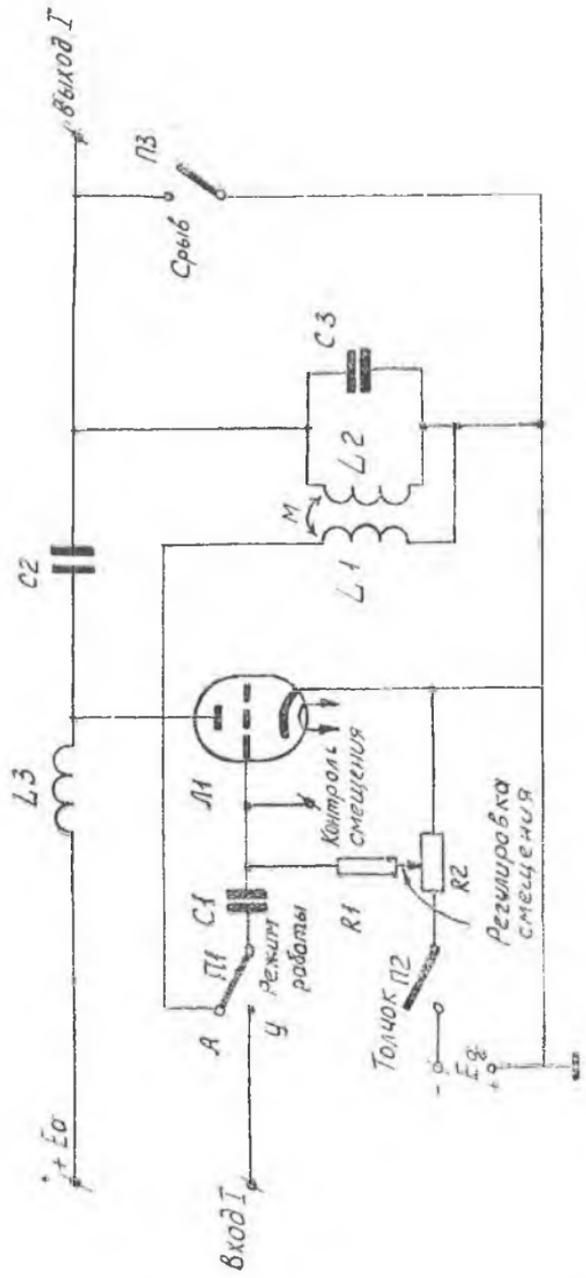


Рис. 6.2.

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 до 30 в (выход 1000 ом). На каждом диапазоне изменения напряжений генератора ГЗ-7А взять по 8—10 точек.

7. Поставить переключатель «толчок» ( $\Pi_2$ ) в положение «включено». Ручкой «регулировка смещения» установить напряжение смещения  $E_{go}$  и повторить пункт 6. Напряжение смещения  $E_{go}$  задается преподавателем.

8. Отключить генератор ГЗ-7А. Поставить переключатель  $\Pi_1$  в положение «А».

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

$$E_{go} = 0 \text{ в}; \quad E_{go} = (5 \div 6) \text{ в}.$$

Коэффициент взаимной индукции  $M$  необходимо изменять от минимального до максимального значения и наоборот от максимального до минимального.

При снятии 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 автогенераторов.
5. Установившийся режим работы автогенератора.
6. Режимы самовозбуждения автогенератора.
7. Зависимость средней крутизны  $S_{cp}$  от амплитуды напряжения на сетке  $U_{gm}$  при различных напряжениях смещения  $E_{go}$ .
8. Дипатронный генератор.
9. Автогенератор с задержкой в цепи обратной связи.
10. РС — генераторы синусоидальных колебаний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гоноровский И. С. «Радиотехнические цепи и сигналы», ч. II. Изд-во «Советское радио», 1967.
2. Харкевич А. А. Основы радиотехники, «Связьиздат», 1963.

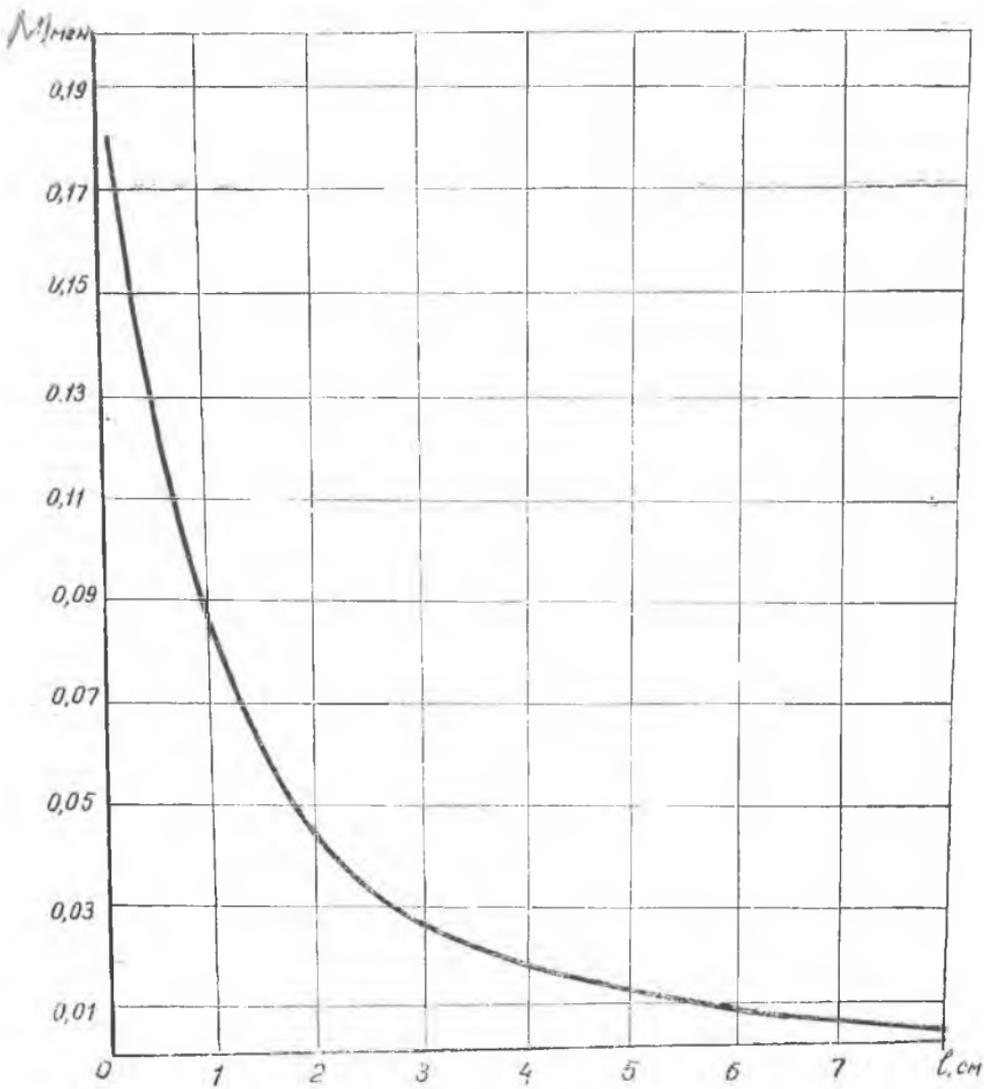


Рис. 6.3.

## Лабораторная работа № 7

### АМПЛИТУДНЫЙ МОДУЛЯТОР

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

#### ЗАДАНИЕ

1. Снять модуляционные характеристики амплитудного модулятора при сеточной модуляции напряжением смещения  $J_{a1} = f(E_{g0})$  для двух значений амплитуды высокочастотного напряжения  $U_{gw} = 1$  в,  $U_{gw} = 2$  в и построить графики.

2. Выбрать рабочие участки и осуществить гармоническую амплитудную модуляцию сеточным смещением, добиваясь максимальной глубины модуляции для двух случаев. Зарисовать полученные при этом колебания.

3. Снять модуляционные характеристики амплитудного модулятора при анодной модуляции  $J_{a1} = f(E_a)$  для двух значений сеточного смещения и построить графики.

1.  $U_{gw} = 1$  в;

$E_{g0} = -2$  в.

2.  $U_{gw} = 2$  в,

$E_{g0} = -4$  в.

4. Выбрать рабочие участки и осуществить гармоническую амплитудную модуляцию анодным напряжением, добиваясь максимальной глубины модуляции для всех 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. 7.1., а принципиальная схема лабораторного макета на рис. 7.2.

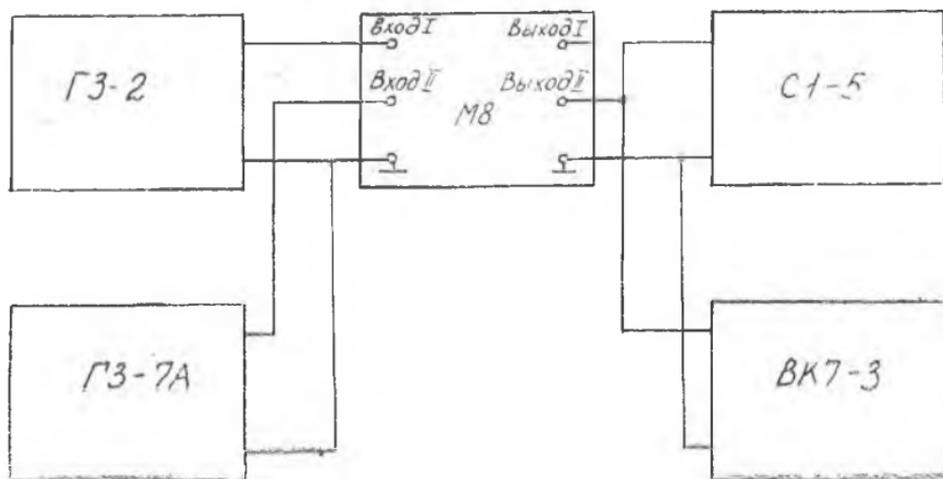


Рис. 7.1.

Напряжение высокой частоты с выхода генератора стандартных сигналов ГЗ-7А подается на вход резонансного усилителя, собранного на одной половине лампы типа 6Н9С (Л<sub>1</sub>). Модулятор собран на второй половине лампы 6Н9С. При модуляции напряжением смещения на сетку лампы модулятора подаются три напряжения:

1. Высокочастотное напряжение с анода Л<sub>1</sub>.
2. Модулирующее напряжение от генератора низкой частоты через переключатель П<sub>1</sub> (положение «С»).
3. Напряжение смещения с потенциометра  $R_2$ .

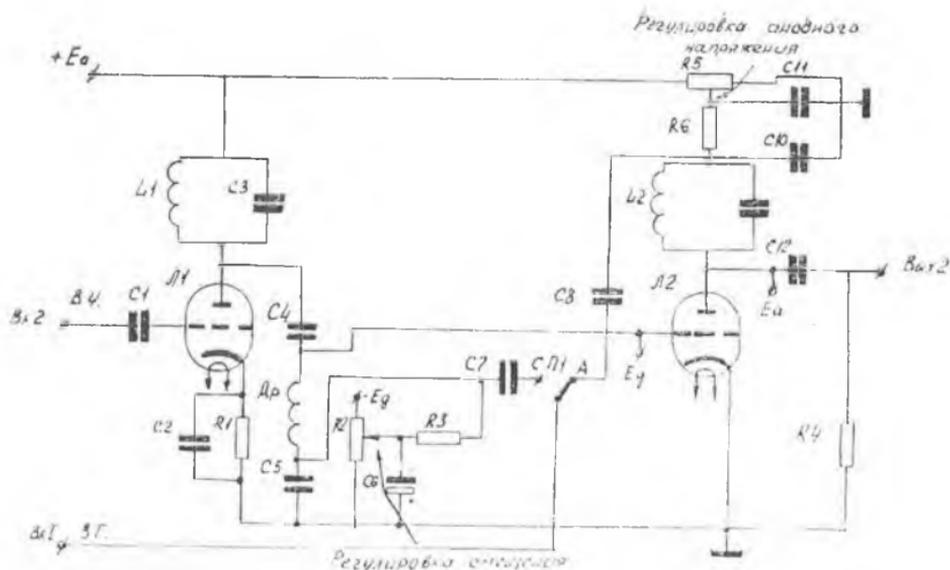


Рис. 7.2.

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  $\Pi_1$  (положение А) подается на анод лампы  $J_2$ . Во время экспериментального исследования необходимо измерить напряжение на сетке и на аноде модулирующей лампы. Для этого используются измерители с высокоомным входом.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 7.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ГЗ-7А, ГЗ-2, ВК7-3 и СИ-5 к работе.
3. Поставить переключатель  $\Pi_1$  вида модуляции в положение «С» (сеточная).
4. Установить напряжение на сетке  $E_{g0} = 0$ , напряжение на аноде  $E_a = 150$  в.

5. Подключить генератор высокой частоты ГЗ-7А к клемме «вх. 2» и установить напряжение равным 0,1 в. Изменяя частоту генератора определить резонансную частоту по максимальной амплитуде на выходе.

6. Установить напряжение высокой частоты  $U_{gw} = 1$  в и снять зависимость  $U_{вых} = \psi(E_{go})$ . Аналогичные зависимости снять для  $U_{gw} = 2$  в.

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

8. Определить амплитуду максимального модулирующего напряжения по величине линейного участка. Подключить генератор модулирующего напряжения ГЗ-2 к клемме «вх. 1» и установить вышеопределенные напряжения. Зарисовать с экрана осциллографа напряжения на выходе модулятора.

9. Установить переключатель П в положение «А» (анодная).

10. Установить напряжение на сетке потенциометром  $R_2$  равным  $E_{go} = -2$  в, напряжение на аноде  $E_a = 150$  в. Повторить операцию нахождения резонансной частоты (пункт 5 настоящего параграфа).

11. Установить высокочастотное напряжение на сетке  $U_{gw} = 1$  в, напряжение смещения  $E_{go} = -2$  в и, изменяя потенциометром  $R_5$  напряжение на аноде от 150 в до 30 в, снять модуляционную характеристику. То же самое повторить для  $U_{gw} = 2$  в и  $E_{go} = -4$  в.

12. Построить графики  $U_{вых} = \psi(E_a)$ . По этим графикам определить рабочие участки для каждого режима. Определить амплитуду максимального модулирующего напряжения.

13. Подключить генератор модулирующего напряжения ГЗ-2 к клемме «вход 1» макета и установить вышеопределенные напряжения. Зарисовать с экрана осциллографа напряжения на выходе модулятора.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные соотношения при амплитудной модуляции.
2. Сеточная модуляция напряжением смещения. Основные режимы работы модулятора.
3. Статистическая модуляционная характеристика при сеточной модуляции.
4. Линейные и нелинейные искажения при модуляции. Требования к колебательному контуру.

5. Схемы аводной модуляции.
6. Статистическая модуляционная характеристика при анодной модуляции.
7. Балансная амплитудная модуляция.

## ЛИТЕРАТУРА

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

## Лабораторная работа № 8

### ЧАСТОТНЫЙ МОДУЛЯТОР

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

#### ЗАДАНИЕ

1. 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.

#### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет М<sub>э</sub>, ламповый вольтметр ВК7-3 и частотомер ЧЗ-7. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 8.1., а принципиальная схема лабораторного макета — на рис. 8.2.

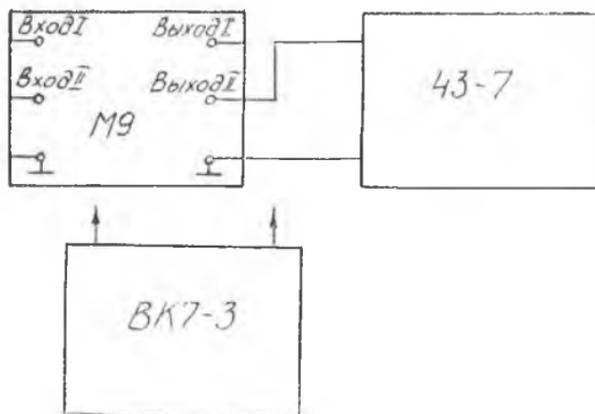


Рис. 8.1.

Схема макета 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  $L_1 C_5$  и резистор  $R_5$ . Однако соотношение между ними выбраны таким образом, что практически нагрузкой реактивной лампы по переменному току является в основном только  $R_2$ .

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

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

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

Напряжение с выхода автогенератора выведено к клемме «Вых» 2.

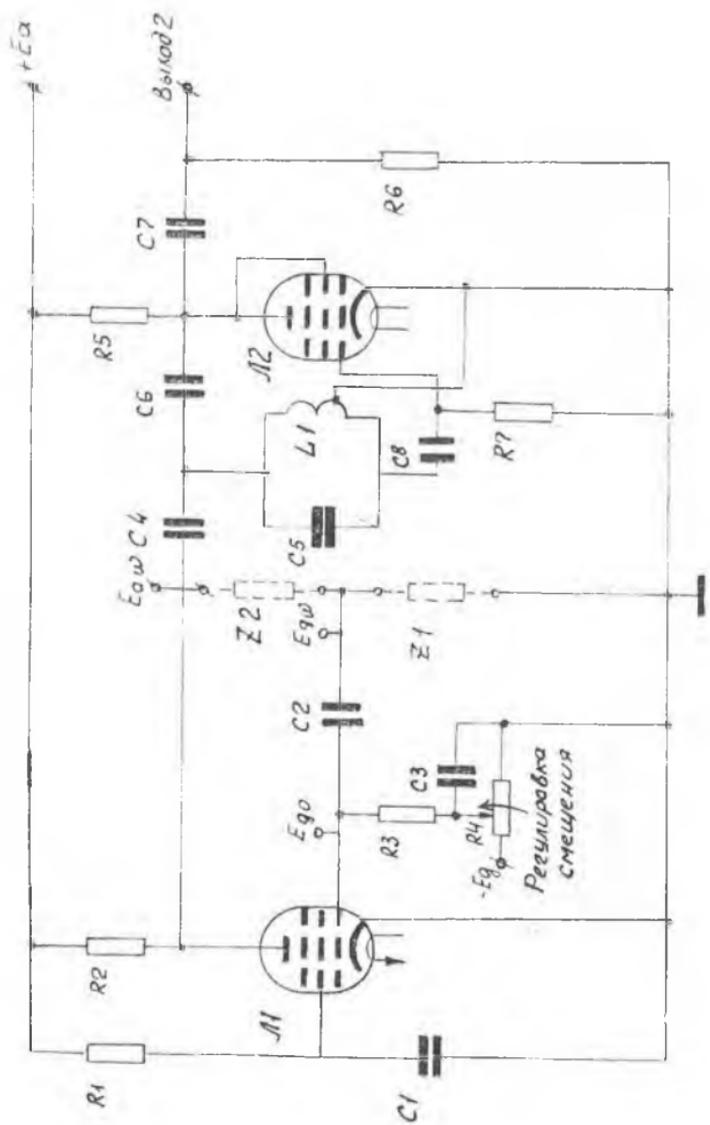


Рис. 8.2.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 8.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы ВК7-3 и ЧЗ-7 к работе.
3. Подключить ламповый вольтметр постоянного тока к гнезду « $E_g$ », высокочастотные головки еще двух ламповых вольтметров к гнездам « $U_{gw}$ » и « $U_{aw}$ ». К клемме «Вых. 2» подключить частотомер.
4. В гнездо « $Z_2$ » вставить конденсатор  $C = 240$  пф, в гнездо « $Z_1$ » — резистор  $R = 2,7$  ком.
5. Включить питание и снять зависимости частоты автогенератора высокочастотного напряжения на сетке  $U_{gw}$  и высокочастотного напряжения на аноде  $U_{aw}$  от изменения смещения  $E_g$ .
6. По полученным данным рассчитать и построить зависимости  $J_{aw} = \psi(E_g)$ ,  $f = \psi(E_g)$ ,  $S_{cp} = \psi(E_g)$ .

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

Рассчитать эквивалентную реактивность. На графиках указать области неискаженной частотной модуляции.

7. Отключив анодное питание, сменить элементы в гнездах « $Z_1$ » и « $Z_2$ ». В гнездо « $Z_2$ » вставить резистор  $R = 12$  ком и повторить пункты 5 и 6.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные соотношения при частотной модуляции.
2. Способы управления частотой колебания.
3. Осуществление частотной модуляции с помощью «реактивной лампы».
4. Векторные диаграммы «реактивных ламп».
5. Требования к режиму работы «реактивной лампы».
6. Паразитная амплитудная модуляция при ЧМ. Способы уменьшения паразитной АМ при ЧМ.
7. Двухтактный частотный модулятор.
8. Основные соотношения при фазовой модуляции.
9. Использование частотных модуляторов для осуществления фазовой модуляции.
10. Использование амплитудного модулятора для осуществления фазовой модуляции.

## ЛИТЕРАТУРА

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

## Лабораторная работа № 9

### СХЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ И ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Целью работы является ознакомление со схемами диодного детектора при детектировании АМ колебаний и фазового дискриминатора при детектировании ЧМ колебаний.

#### ЗАДАНИЕ

1. Снять зависимость  $U_{\text{вых}} = f(M)$  и  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$  амплитудного детектора.
2. Снять частотные характеристики амплитудного детектора для двух значений емкости нагрузки  $C_n = 0$ ,  $C_n = 10000$  пф.
3. Снять частотные характеристики фазового дискриминатора для двух значений эквивалентного сопротивления контура при  $R_4 = \infty$  и  $R_4 = 12$  ком.

#### ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка содержит лабораторный макет  $M_{\text{в}}$ , генератор стандартных сигналов Г4 18А, генератор зву-

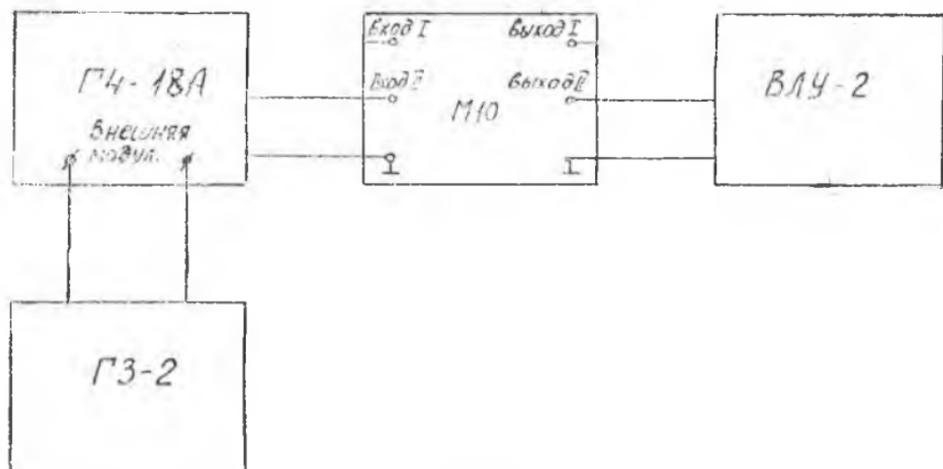


Рис. 9.1.

ковой частоты ГЗ-2 (для исследования амплитудного детектора) и ламповый вольтметр ВЛУ-2. Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 9.1. Принципиальная схема лабораторного макета приведена на рис. 9.2.

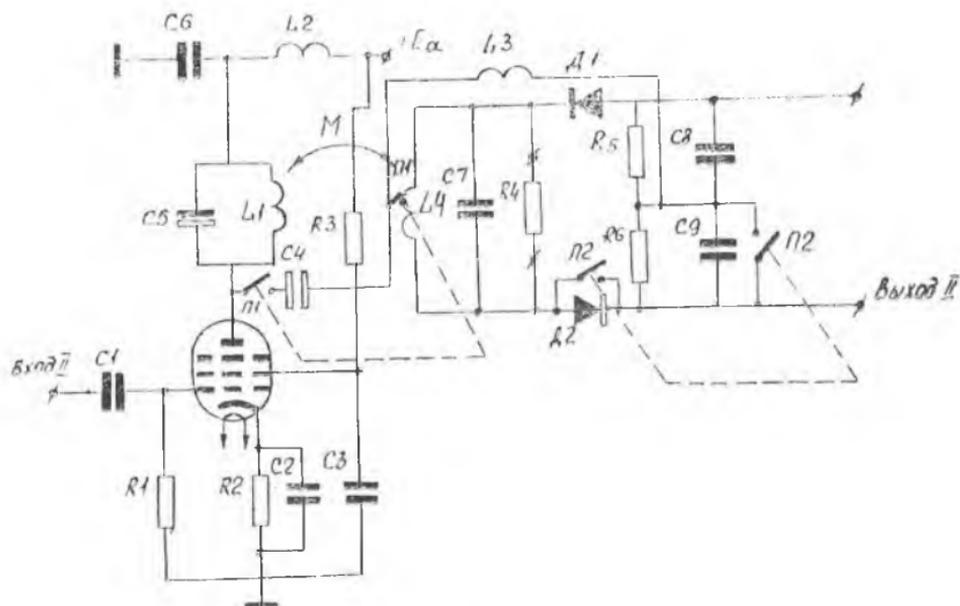


Рис. 9.2.

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

При исследовании схемы детектирования АМ колебаний высокочастотное напряжение генератора Г4-18А модулируется звуковым генератором ГЗ-2, переключатель  $\Pi_1$  ставится в положение «выключено», а переключатель  $\Pi_2$ —в положение «включено». Конденсатор нагрузки диодного детектора в этом режиме является сменным.

При исследовании схемы фазового дискриминатора переключатель  $\Pi$  ставится в положение «вкл.», а переключатель  $\Pi_2$  в положение «выкл.». В этом режиме на выход макета подаются немодулированные колебания высокой частоты.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### Исследование диодного детектора

1. Собрать установку согласно блок-схемы рис. 9.1.
2. В соответствии с инструкциями по эксплуатации подготовить приборы Г4-18А, ГЗ-2, ВЛУ-2 к работе.
3. Поставить переключатель  $\Pi_1$  в положение «выкл.»,  $\Pi_2$ —в положение «вкл.».
4. Установить выходное напряжение генератора Г4-18А равным  $U_{вых} = 0,3$  в.
5. На клеммы «Внешняя модуляция» генератора Г4-18А подать напряжение звуковой частоты  $F = 1000$  гц. Полученное АМ колебание подать на вход  $\Pi$  макета  $M_{ю}$ .
6. Изменяя частоту генератора Г4-18А, настроить схему в резонанс.
7. Снять зависимость выходного напряжения детектора от коэффициента глубины модуляции  $U_{вых} = f(M)$  при  $U_{вх} = 0,3$  в. Коэффициент глубины модуляции изменять от 0 до 100 % (через 10 %) изменением выходного напряжения генератора ГЗ-2.
8. Снять зависимость выходного напряжения детектора от амплитуды высокочастотного входного напряжения  $U_{вых} = f(U_{вх})$  при  $M = 50$  %. Амплитуду высокочастотного входного напряжения изменять от 0 до 1 в через 0,1 в.
9. Снять частотные характеристики детектора для двух значений емкости нагрузки:  $C_n = 0$ .  $C_n = 10000$  пф при  $U_{вх} = 0,3$  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. 9.1.) генератор ГЗ-2.
2. Поставить переключатель  $\Pi_1$  в положение «включено», переключатель  $\Pi_2$  — в положение «выключено».
3. С выхода генератора Г4-18А подать сигнал, равный  $U_{вх} = 1$  в на вход  $\Pi$  макета.
4. Изменяя частоту генератора Г4-18А настроить схему в резонанс. При этом напряжение на выходе детектора должно быть равно 0.
5. Снять частотные характеристики фазового дискриминатора  $U_{вых} \psi(f)$  при  $U_{вх} = 1$  в. В обе стороны от частоты резонанса взять 10—12 точек при  $R_4 = \infty$ .
6. Зашунтировать контур сопротивлением  $R_4 = 12$  ком и повторить пункт 5.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Детектирование слабых АМ сигналов.
2. Детектирование больших АМ сигналов.
3. Диодный детектор. Выбор параметров фильтра  $R_{II}$   $C_{II}$ .
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. Гоноровский И. С. «Радиотехнические цепи и сигналы», ч. II. Изд-во «Советское радио», 1967.
2. Заездный А. М., Кушнир В. Ф., Ферсман В. А. «Теория нелинейных электрических цепей». Изд-во «Связь», 1968.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### 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  $R_1, C_3C_4$ .

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.

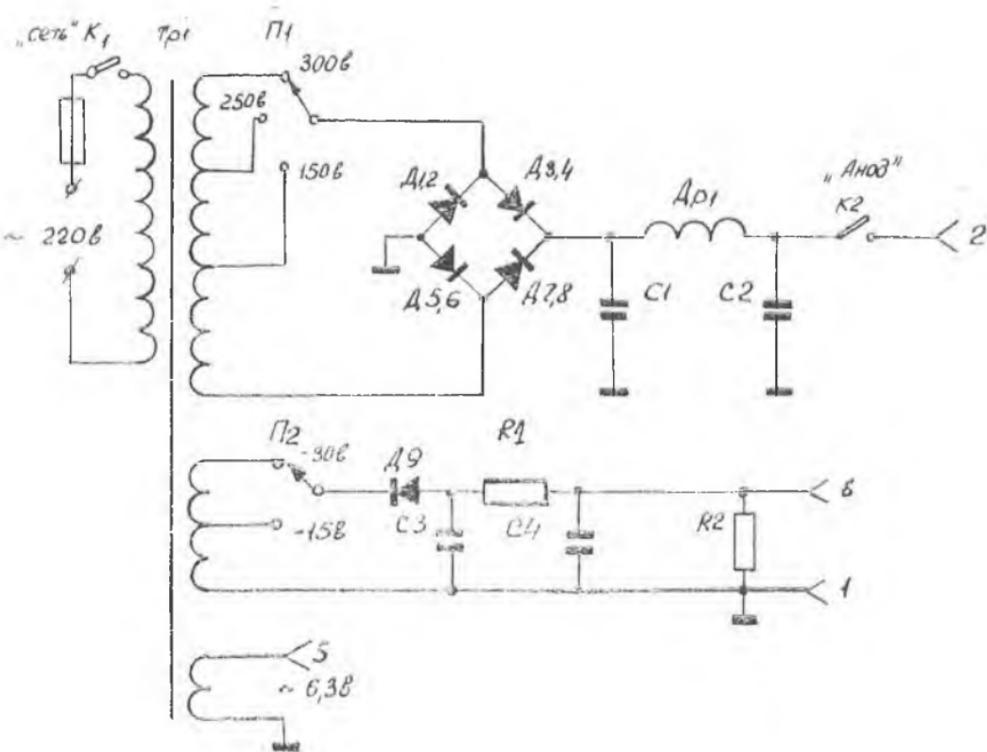


Рис. П 1.1.

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

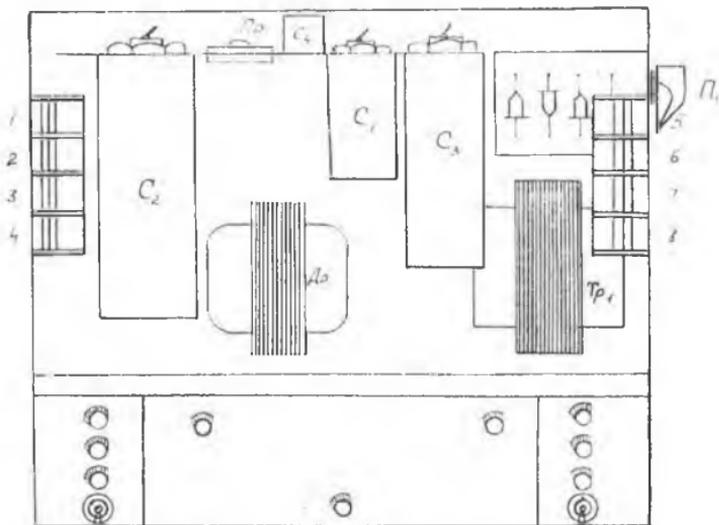
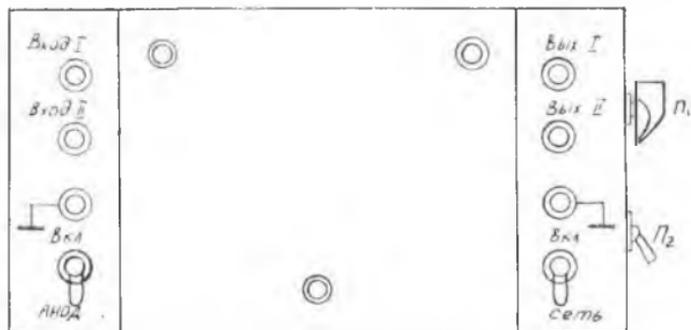
Переключатель анодного напряжения  $\Pi_1$  и переключатель сеточного смещения  $\Pi_2$  расположены на правой боковой стенке.

Сменные 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 прибором

1. Тумблеры  $K_1$  — сеть и  $K_2$  — анод выключить.
2. Установить макет нужной лабораторной работы. Проследить за тем, чтобы клеммы макета и выпрямители имели надежные контакты.
3. Закрепить на передней стенке блока питания принципиальную схему соответствующей лабораторной работы.
4. Установить необходимые напряжения анода  $\Pi_1$  и напряжения смещения  $\Pi_2$ .



Эскиз блока питания.

Обозначение контактов той розеточной блока питания	N	
	Назначение	1
Король блок пит	1	2
+150 - 350 В	3	4
атомное питание	5	6
Выход I	7	8
Выход II		
~ 6,3 В		
МОКОН		
-15 - 30 В		
питание смеще.		
НЕР ПОМОН		
Выход I		
Выход II		

Рис. П 1.2.

5. Включить сначала тумблер сеть  $K_1$ , а затем — тумблер анод  $K_2$ . Если по ходу выполнения лабораторной работы необходимо произвести какие-либо переключения или присоединения к макету, то предварительно обязательно нужно выключить анодное напряжение  $K_2$ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ ТИПА Г4-18А

#### Назначение прибора

Генератор стандартных сигналов типа Г4-18А предназначен для проверки и настройки радиоприемной аппаратуры, работающей в диапазоне частот от 0,1 до 30 мГц.

#### Технические характеристики

1. Диапазон частот генератора от 100 кГц до 35 мГц с перекрытием с помощью шести поддиапазонов:

- 1) 0,1 :- 0,3 мГц
- 2) 0,3 :- 1 мГц
- 3) 1 :- 3 мГц
- 4) 3 :- 10 мГц
- 5) 10 :- 20 мГц
- 6) 20 :- 35 мГц.

2. Погрешность установки частоты не более  $\pm 1\%$ .

3. Генератор обеспечивает калиброванное напряжение от 1 мкВ до 0,1 В на конце кабеля с нагрузочным сопротивлением 75 Ом. Дополнительный делитель на конце кабеля обеспечивает деление выходного напряжения в 10 раз (до 0,1 мкВ).

4. Генератор имеет некалиброванный выход от 0,1 до 1 В с выходным сопротивлением около 100 Ом.

5. Генератор обеспечивает следующие виды работ:

- а) непрерывная генерация (НГ);
- б) внутренняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотами 400 и 1000 Гц  $\pm 5\%$ ;
- в) внешняя амплитудная модуляция синусоидальным напряжением с частотой от 50 Гц до 15 кГц;
- г) режим максимального выхода с напряжением на выходе около 2 В только при непрерывной генерации.

6. Коэффициент глубины модуляции как при внутренней, так и при внешней модуляции регулируется от 10 до 95% при частотах модуляции от 50 Гц до 10 кГц и от 10 до 50% при частотах модуляции от 10 до 15 кГц.

7. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частоты 50 Гц  $\pm 0,5$  Гц напряжением 220 В  $\pm 10\%$ .

## Правила пользования прибором

### *Работа генератора в режиме непрерывной генерации*

1. Поставить выключатель питания в положение «включено». При этом должна загореться индикаторная лампочка.
2. Поставить тумблер «уровень» «К-М  $\%$ » в положение «уровень «К».
3. Вставить в гнездо «мкв.» штекер с кабелем и делителем на конце.
4. Установить переключатель рода работ в положение «внешняя модуляция».
5. Установить ручкой установки нуля стрелку измерителя на нуль.
6. Включить выключатель анодного напряжения генератора «ген. В. Ч.».
7. Установить переключатель «диапазоны мгц» в положение, соответствующее требуемому диапазону.
8. Установить нужную частоту в пределах диапазона прибора и более плавно отрегулировать ее верньерной ручкой.
9. Вращением ручки «установка уровня К» установить стрелку измерителя на риску «К».
10. Установить визир «мкв.» влево до отказа.
11. Поворотом ручек делителя и визира «мкв.» совместить нужное деление на лимбе с риской визира. При повороте ручки «мкв.» стрелка индикатора уровня отклоняется влево, при этом уровень «К» поправлять нельзя.
12. Установить необходимый множитель декадного делителя.
13. Подключить исследуемую схему к нужному зажиму на выносном делителе.
14. Манипулируя ручками аттенуаторов, ручкой «мкв.», используя тот или иной зажим выносного делителя, на конце кабеля можно получить требуемую величину выходного напряжения в пределах от 0,1 мкв до 0,1 в.
15. Для получения напряжения свыше 0,1 в прибор имеет второе гнездо «0,1:-1 в», напряжение на которое поступает прямо с декадного аттенуатора с коэффициентом ослабления через 2 дб. При помощи этого аттенуатора и ручки «мкв.» можно регулировать величину снимаемого напряжения в пределах от 0,1 в до 1 в. Выходное напряжение с гнезда «0,1 — в» выводится кабелем, прикладываемым к прибору, не имеющим на конце делительной головки.

### *Работа генератора в режиме внутренней амплитудной модуляции*

1. Установить стрелку измерителя уровня выходного сигнала на контрольную риску (визир «мкв.» при этом находится в левом крайнем положении).
2. Установить переключатель рода работ в положение 400 или 1000 гц.
3. Установить тумблер «уровень «К»-М  $\%$ » в положение «М  $\%$ ».
4. С помощью ручки «уст. М  $\%$ » установить непосредственно по стрелочному измерителю требуемый процент глубины модуляции.

*Работа генератора  
в режиме внешней амплитудной модуляции*

1. Поставить переключатель рода модуляции в положение «внешняя модуляция».
2. Подать напряжение от модулирующего генератора на гнезда «внеш. мод.».
3. Остальной порядок работы в режиме внешней модуляции тот же самый, что и в режиме внутренней модуляции.

*Работа генератора  
в режиме максимального сигнала*

1. Установить переключатель рода работ в положение «2 в. НГ».
2. Напряжение высокой частоты снимается с выхода «0,1 — 1 в» кабелем, прилагаемым к прибору, не имеющим на конце делителя.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР ТИПА ГЗ-2 (ЗГ-10)

### Назначение прибора

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 трех поддиапазонов:

поддиапазон	х 1	20 гц -:- 200 гц
—«—	х 10	200 гц -:- 2000 гц
—«—	х 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  $\pm 1$  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 1 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 в. а.

## 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, пользоваться «регулятором выходного напряжения» (плавно) и двухступенчатыми регуляторами — «затухание дб».

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ ТИПА МГИ-1

#### Назначение прибора

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 с фиксированными длительностями от 0,1 до 10 мксек с регулировкой ступенями через 0,1 мксек.

2. Длительность фронта нарастания импульсов не превышает 0,075 мксек  $\pm 0,5\%$  от установленного значения длительности импульса. Время спада не превышает 0,15 мксек  $+ 0,5\%$  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», «х2», «х4», «х1».

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

5. Генератор имеет отдельный выход импульсов синхронизации 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 100 ом и емкости 100 пф.

6. В приборе предусмотрена главная 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 синхронизационным 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 импульсов переключателями «диапазон» и «частота следования», «кнопгерцы».

3. Установить требуемую длительность выходных импульсов переключателями длительности импульсов.

4. Выбрать полярность выходного импульса переключателем «П»,

5. Потенциометр «амплитуда импульса» вывести в крайнее левое положение.

6. Включить шланг питания в сеть.

7. Включить тумблер «сеть, выкл.» 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 им-

пульса на выходе. По окончании измерений тумблер «измерение» «выкл.» 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 « $\square$  |  $\square$  |  $\square$ », « $\square$  |  $\square$  |  $\square$ » установить в положение соответствующее полярности запускающего импульса. При синхронизации синусоидальным сигналом частотой от 300 до 5000 гц установить тумблер «внешняя синхронизация» в положение « $\square$  |  $\square$  |  $\square$ », а при частотах более 50000 гц в положение « $\square$  |  $\square$  |  $\square$ ».

4. Выбрать потенциометром «амплитуда синхрон.» необходимую величину запускающего сигнала до получения устойчивого запуска.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

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

#### 1. Назначение прибора

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

#### Технические характеристики прибора

1. Диапазон частот 20 гц :- 10мгц 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 аттенюатора. С помощью аттенюатора возможна регулировка выходного напряжения ступенями через 20 дб в пределах от 100 мкв до 2 в.

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

4. Питание генератора от сети переменного тока с напряжением 220 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».

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 аттенюатора с надписью «множитель» в соответствующее положение.

### Примечание.

а) при работе генератора с выхода «0-:2 в» переключатель аттенюатора 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 аттенюатора и множитель делительной головки кабеля.

б) при работе генератора на нагрузку с входным сопротивлением около 1000 ом переключатель аттенюатора 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 аттенюатора ставится в положение «внутренняя нагрузка». В этом случае напряжение снимается с гнезда «0-:30 в».

## ВОЛЬТМЕТР ЛАМПОВЫЙ ТИПА ВК7-3 (А4-М2)

### Назначение прибора

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

Вольтметр переменного напряжения является вольтметром амплитудного тока, градуированным в эффективных значениях напряжения синусоидальной формы.

### Технические характеристики прибора

1. Диапазон измерения напряжений постоянного тока от 0,1 до 1000 в при 7-и поддиапазонах: 1; 3; 10; 30; 100; 300 и 1000 в. При использовании высоковольтного шунта 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 шунта 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-и 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 высокочастотного пробника на шкалах 1, 3, 10, 30, 150 в не ниже 4,3 мгом, шунтированное емкостью не более 7 пф. Входное сопротивление на шкалах 300 и 10000 в при использовании универсальным шунтом на частоте 50 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 соответствующим переключением.

### Правила пользования прибором

#### Измерение постоянных напряжений

1. Подсоединить земляной и универсальный щупы к клеммам прибора.
2. Проверить соответствие положения переключателя напряжения ин-

тания сети. Напряжение сети указывает цифра, находящаяся сверху колодки переключателя напряжения сети, который находится в отсеке на задней стенке прибора. Перемычка должна 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 I 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—1000 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 рядок работы с прибором тот же, что и для постоянного тока (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, потенциала 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», окончание 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 «установки нуля» установить стрелку индикатора на нуль.

б) отключить универсальный щуп от земляного и ручкой «калибровка» установить стрелку индикатора на риску « $\infty$ » по шкале сопротивлений.

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

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### ВОЛЬМЕТР ЛАМПОВЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТИПА ВЛУ-2

#### Назначение прибора

Ламповый вольтметр типа ВЛУ-2 предназначен для измерения напряжения 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 вольт на пяти шкалах: 1,5; 5; 15; 50; 150 вольт (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 10 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 постоянного тока не ниже 25 мом.

8. Прибор питается от сети переменного тока 220 в  $\pm 10\%$  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 вольт.

2. Включить прибор в сеть при помощи вилки 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 вольт.

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 «=», « $\frac{1}{2}$ », при измерении переменного напряжения — пробник. Рекомендуется использовать низкочастотную головку пробника в диапазоне до 50 мГц.

6. Включить источник измеряемого напряжения и произвести измерения.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

### ИМПУЛЬСНЫЙ СИНХРОСКОП ТИПА С1-5 (СИ-1)

#### Назначение прибора

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.

2. 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 электроннолучевой трубки.

11. Сопротивление выхода на вертикально и горизонтально отклоняющие электроды трубки не менее 3,0 мгом параллельно с емкостью не более 30 пф.

12. Коэффициент деления выходного 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 шланга 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<sup>-</sup> П<sup>-</sup>» или «ж. д. П<sup>-</sup>».

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 Y».

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 X» 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 X».
4. Подать на гнездо «вход Y» исследуемое напряжение.

#### *Калибровка исследуемого сигнала по амплитуде*

1. Подать исследуемый сигнал на гнездо «вход Y».
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 потенциометра «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 калибрационного напряжения на показатель деления входного делителя.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9

### ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ТИПА ЧЗ-7 (ИЧ-7)

#### Назначение прибора

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 ( $K_{\pm}$  не более 10 %) в диапазоне от 10 гц до 500 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, 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) поддиапазолах | 0,1 и 0,2 — 250 :- 1000 мк/сек. |
| 2) —«—           | 0,5 и 1,0 — 50 :- 150 мк/сек.   |
| 3) —«—           | 2,5 10 и 20 — 5 :- 15 мк/сек.   |

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  $+2 \%$  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 измерениями 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 кГц  $+ 5 \%$ .

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 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 ввиду, 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 отчет частоты измеряемого сигнала.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

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

#### Назначение прибора

Анализатор спектра СКЧ-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 четырехполосников.

#### 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 ии	—«—	от 100 гц до 5 кГц;
4 ии	—«—	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 в зависимости от положения переключателя «время анализа» плавно изменяется от  $3 \pm 1$  до  $15 \pm 3$  сек. и от  $6 \pm 2$  до  $45 \pm 5$  сек.

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

5. Чувствительность анализатора спектра составляет:

на 1-ом поддиапазоне	—	4 мм/мв;
на 2-ом	—«—	— 1,3 мм/мв;
на 3-ем	—«—	— 1 мм/мв;
на 4-ом	—«—	— 0,8 мм/мв при минимально необходимом

времени анализа.

6. Напряжение, подаваемое на вход исследуемого 4-х 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 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 «МН4».

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 1» и «баланси-

ровка 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 изряженное исследуемое сигнала, установить для удобства наблюдения осциллограммы необходимый масштаб по частоте и скорости 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 «делитель».

### *Работа прибора, как измерителя частотных характеристик*

1. Установить ручку переключателя рода работ в положение «НЧХ», 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 ввиду, 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 по частоте, крайнюю левую точку горизонтальной линии развертки.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Предисловие . . . . .	3
Правила выполнения работ в лаборатории . . . . .	4
Правила безопасности для студентов работающих в лаборатории . . . . .	5
Лабораторная работа № 1. Спектры периодических сигналов . . . . .	7
Лабораторная работа № 2. Спектры радиосигналов . . . . .	12
Лабораторная работа № 3. Линейный усилитель . . . . .	18
Лабораторная работа № 4. Линейный резонансный усилитель . . . . .	22
Лабораторная работа № 5. Нелинейная система . . . . .	27
Лабораторная работа № 6. $LC$ — генератор . . . . .	31
Лабораторная работа № 7. «Амплитудный модулятор» . . . . .	36
Лабораторная работа № 8. «Частотный модулятор» . . . . .	41
Лабораторная работа № 9. Схемы детектирования АМ и ЧМ колебаний . . . . .	46
Приложение № 1. Блок питания макетов лабораторных установок . . . . .	50
Приложение № 2. Генератор стандартных сигналов типа Г4-18А . . . . .	53
Приложение № 3. Звуковой генератор ГЗ-2 (ЗГ-10) . . . . .	55
Приложение № 4. Малогабаритный генератор импульсов типа МГП-1 . . . . .	56
Приложение № 5. Генератор сигналов типа ГЗ-7А (ГС-100) . . . . .	58
Приложение № 6. Вольтметр ламповый типа ВК7-3 (АЧ-М2) . . . . .	60
Приложение № 7. Вольтметр ламповый универсальный ВЛУ-2 . . . . .	62
Приложение № 8. Импульсный синхроскоп типа С1-5 (СИ-1) . . . . .	63
Приложение № 9. Измеритель частоты типа ЧЗ-7 (ИЧ-7) . . . . .	66
Приложение № 10. Анализатор спектра и частотных характеристик типа СКЧ-3 (АСЧХ-1) . . . . .	67

*Юрий Семенович Быховский,  
Маргарита Алексеевна Бережная*

Основы радиотехники

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Редактор Н. С. Кольшова  
Техн. редактор Н. М. Каленюк  
Корректор М. В. Сидорова

Подписано в печать 19.IV.1973 г. Формат бумаги  
60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Объем 4,5 печ. л. Усл. печ.—5,02. Тир. 500 экз.  
Цена 45 коп.

Куйбышевский авиационный институт  
им. С. П. Королева,  
Типография УЭЗ КуАИ,  
г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18. Заказ № 955.