

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ
КАФЕДРА РАДИООБОРУДОВАНИЯ И СХЕМОТЕХНИКИ

Лабораторная работа №9

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ

(ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ)

НА ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЕ

С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА

Москва 2015

Лабораторная работа №9

«ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ (ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ) НА ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЕ С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА»

Составитель: Р.Ю. Иванюшкин, к.т.н., доцент.

**ВНИМАНИЕ !!! СОБЛЮДЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ В УЧЕБНЫХ
ЛАБОРАТОРИЯХ РПдУ МТУСИ ПРАВИЛ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЯЗАТЕЛЬНО !!!**

Действующие в учебных лабораториях РПдУ МТУСИ Правила безопасности, студенты изучают на первом занятии в лаборатории при вводном инструктаже. Работать в лаборатории без изучения этих правил и соответствующего оформления запрещается!!! Требуется строжайшая сознательная дисциплина, как общая, так и в части соблюдения правил безопасности.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторная работа №9 относится к общему циклу лабораторных работ по группам дисциплин «Радиопередающие устройства», «Основы генерирования и формирования радиосигналов», «Устройства генерирования и формирования радиосигналов», выполняемых студентами направлений «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профили подготовки «Системы мобильной связи», «Цифровое телерадиовещание», «Системы радиосвязи и радиодоступа»), «Радиотехника (профиль подготовки «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»)), а также специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Количество лабораторных работ и порядок их выполнения определяется графиком лабораторных занятий, который составляется в соответствии с действующей учебной программой и вывешивается не позднее, чем на неделю, предшествующей началу занятий в лаборатории.

К очередной лабораторной работе допускаются студенты, продемонстрировавшие должную степень подготовки и успешно защитившие предшествующие лабораторные работы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить принципиальную схему, принципы функционирования и режимы работы резонансного усилителя мощности (генератора с внешним возбуждением — ГВВ) на электронной лампе и экспериментально исследовать его динамические, нагрузочные и амплитудные характеристики.

ВОПРОСЫ ДИСЦИПЛИНЫ, ИЗУЧАЕМЫЕ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РАБОТЫ

1. Резонансные усилители мощности (генераторы с внешним возбуждением): принципиальная схема, принцип работы, преимущества и недостатки резонансного построения.
2. Классификация режимов работы усилителя мощности (ГВВ) по углу отсечки. Зависимость угла отсечки усилителя мощности (ГВВ) от напряжений смещения и внешнего возбуждения.
3. Динамические характеристики усилителя мощности (ГВВ). Классификация режимов работы ГВВ по степени напряженности.
4. Зависимости режима работы усилителя мощности (ГВВ) от изменения питающих напряжений, напряжения возбуждения и сопротивления нагрузки. Нагрузочные характеристики усилителя мощности (ГВВ).
5. Зависимость режима работы усилителя мощности (ГВВ) при изменении напряжения возбуждения и амплитудная характеристика усилителя мощности (ГВВ).

Ссылки на рекомендуемую литературу для самоподготовки приведены ниже в методических указаниях.

ЗАДАНИЕ

ПРИ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКЕ:

1. Изучить принципы построения и функционирования резонансного усилителя мощности (ГВВ), пути протекания токов, точки приложения напряжений, назначение элементов принципиальной схемы.
2. Изучить особенности работы усилителя мощности (ГВВ) в режимах с отсечкой выходного тока, зависимости величины угла отсечки от напряжений смещения и возбуждения.
3. Изучить принципы построения динамических характеристик усилителя мощности (ГВВ) и классификацию его режимов по степени напряженности.
4. Изучить влияние изменений величин питающих напряжений, напряжения возбуждения и сопротивления нагрузки на режим работы усилителя мощности (ГВВ). Изучить нагрузочные характеристики усилителя мощности (ГВВ).
5. Изучить зависимость режима работы от величины напряжения возбуждения и амплитудные характеристики усилителя мощности (ГВВ) при разных углах отсечки.
6. Ознакомиться с устройством и основными органами управления лабораторного стенда, а также с принципиальной схемой исследуемого резонансного усилителя мощности (ГВВ).

ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ:

7. Экспериментально исследовать зависимости величины угла отсечки анодного тока от величин напряжения смещения и напряжения возбуждения. Пронаблюдать и зарисовать осциллограммы анодного тока, соответствующие различным углам отсечки.
8. Пронаблюдать и зарисовать осциллограммы анодного тока, соответствующие различной напряженности режима работы усилителя мощности (ГВВ).
9. Экспериментально исследовать зависимости степени напряженности режима усилителя мощности (ГВВ) при изменении величин питающих напряжений, напряжения возбуждения и сопротивления нагрузки.
10. Пронаблюдать на экране осциллографа и зарисовать динамические характеристики усилителя мощности (ГВВ), соответствующие разным режимам его работы.
11. Экспериментально исследовать нагрузочные характеристики резонансного усилителя мощности (ГВВ).
12. Экспериментально исследовать амплитудные характеристики резонансного усилителя мощности (ГВВ) при разных углах отсечки.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Учебные лабораторные стенды "Устройства генерирования и формирования сигналов" разработаны и изготовлены коллективом инженеров учебных лабораторий радиопередающих устройств кафедры РОС МТУСИ и фирмы «Razin & Musatoff» при активном личном участии О.А. Разина и А.В. Бажина. Лабораторный стенд содержит комплекс учебной аппаратуры, позволяющей проводить изучение, исследование и визуальное наблюдение режимов работы резонансного усилителя мощности (генератора с внешним возбуждением) на электронной лампе тетроде. При этом из внешних измерительных приборов требуется только двухканальный осциллограф. В учебных лабораториях радиопередающих устройств кафедры используется универсальный сервисный осциллограф типа ОСУ-20.

Лабораторный стенд (см. рис. 1.) включает в себя:

- 1) Генератор (источник напряжения внешнего возбуждения), вырабатывающий гармоническое колебание частотой 25 кГц с возможностью регулировки амплитуды

выходного напряжения, а также с дополнительным выходом для синхронизации развертки осциллографа. Невысокая частоты, на которой осуществляется лабораторное исследование, способствует качественному визуальному наблюдению осциллограмм токов электродов лампы, а также динамических характеристик исследуемого резонансного усилителя мощности (ГВВ).

- 2) Исследуемый каскад резонансного усиления мощности (генератор с внешним возбуждением) на маломощном генераторном лучевом тетроде с естественным охлаждением, а также стрелочными индикаторами для измерения входного и выходного напряжений.
- 3) Три стабилизированных регулируемых источника питания цепей лампы исследуемого ГВВ (цепи анода, цепи управляющей сетки, цепи экранирующей сетки). Все три источника питания снабжены стрелочными индикаторами для измерения их выходного напряжения и потребляемого тока, а также системой защиты от перегрузок с общим (для всех трех источников питания) устройством световой и звуковой сигнализации недопустимого режима работы лампы исследуемого ГВВ.
- 4) Магазин переключаемых резистивных нагрузок.
- 5) Устройство коммутации входов двух каналов осциллографа для визуального наблюдения импульсов трех токов лампы исследуемого ГВВ (тока анода, тока экранирующей сетки, тока управляющей сетки), а также двух напряжений (входного — сеточного и выходного — анодного).

Основу лабораторного стенда (см. рис. 1.) составляет изучаемый в лабораторной работе одноканальный однокаскадный резонансный усилитель мощности (генератор с внешним возбуждением), выполненный на маломощном вакуумном генераторном лучевом тетроде типа 6П7С малой мощности с естественным охлаждением. В исследуемом ГВВ, лампа-тетрод включена по схеме с общим катодом.

Входная цепь (цепь управляющей сетки) исследуемого резонансного усилителя мощности (ГВВ) выполнена по последовательной схеме питания. Входное колебание от встроенного генератора (выходное напряжение которого регулируется потенциометром «Рег.Ус1»), подводится к первичной обмотке $T_{гвх}$, а также подается на вход синхронизации осциллографа «Синх.осц.». Напряжение возбуждения в цепи управляющей сетки возникает на вторичной обмотке трансформатора $TR_{вх}$. Величину напряжения возбуждения можно контролировать встроенным стрелочным вольтметром «Ус1». Блокировочный конденсатор $C_{бл}$ обеспечивает наикратчайший путь для переменных составляющих тока экранирующей сетки в обход источника питания (источника напряжения смещения) «Ес1». Величина напряжения смещения регулируется ручкой «Рег.Ес1». Это напряжение измеряется стрелочным вольтметром «Ес1», а стрелочный амперметр «Iс1» измеряет постоянную составляющую тока управляющей сетки $I_{с10}$ (если этот ток существует). Следует обратить внимание, что напряжение смещения прикладывается на управляющую сетку в отрицательной полярности, с то время как стрелочный вольтметр «Ес1» не учитывает знак этого напряжения (то есть, по сути, вольтметр «Ес1» измеряет его модуль).

В цепи экранирующей сетки установлен блокировочный конденсатор $C_{бл}$, обеспечивающий короткое замыкание всех переменных составляющих тока этой сетки. При этом напряжение на экранирующей сетки всегда постоянное и не зависит от изменений усиливаемого колебания. Постоянное напряжение, которое требуется подвести к экранирующей сетке вырабатывается источникам питания «Ес2». Величина этого напряжения регулируется ручкой «Рег.Ес2». Это напряжение измеряется стрелочным вольтметром «Ес2», а стрелочный амперметр «Iс2» измеряет постоянную составляющую тока экранирующей сетки $I_{с20}$.

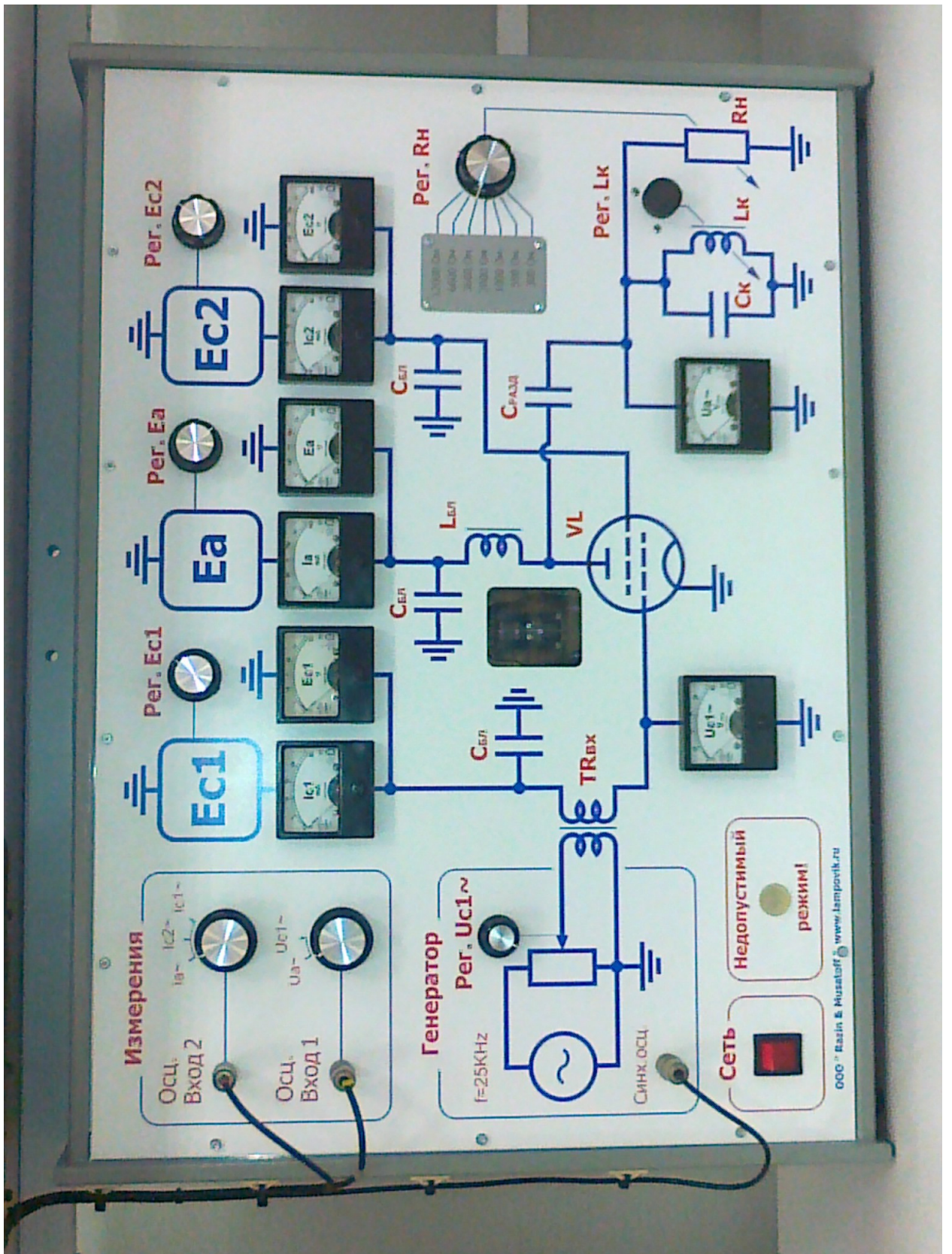


Рис. 1. Внешний вид лабораторного стенда.

Выходная цепь исследуемого резонансного усилителя мощности (ГВВ) выполнена с параллельной схемой питания. Напряжение анодного питания вырабатывается источником питания «Еа». Это напряжение измеряется стрелочным вольтметром «Еа», а стрелочный амперметр «Iа» измеряет величину постоянной составляющей тока анода I_{A0} . Блокировочный дроссель Lбл, включенный последовательно в цепь источника анодного питания препятствует закорачиванию через этот источник питания переменных составляющих анодного тока, а вспомогательный блокировочный конденсатор Сбл снимает (закорачивает на корпус) с цепи источника питания и измерительных приборов остаточное переменное напряжение, возникающее за счет неидеальности дросселя. Конденсатор Сразд является разделительным и препятствует короткому замыканию источника анодного питания на элементы колебательной системы (параллельного резонансного колебательного контура LкСк) и нагрузку Rн. К параллельному колебательному контуру, образованному перестраиваемой катушкой индуктивности Lк и конденсатором Ск параллельно подключается резистивная коммутируемая нагрузка Rн, которая может быть установлена переключателем «Рег. Rн» в одно из семи положений: Rн1 = 300 Ом; Rн2 = 550 Ом; Rн3 = 1000 Ом; Rн4 = 2000 Ом; Rн5 = 3600 Ом; Rн6 = 6600 Ом; Rн7 = 12000 Ом. Настройка колебательного контура LкСк в резонанс с частотой внешнего возбуждения осуществляется изменением величины индуктивности Lк, осуществляемой при помощи ручки «Рег. Lк». Величина выходного напряжения (переменного напряжения в анодной цепи) исследуемого резонансного усилителя мощности (ГВВ) измеряется при помощи стрелочного вольтметра «Uа».

Для обеспечения возможности визуального контроля форм токов электродов лампы (тока анода, тока управляющей сетки, тока экранирующей сетки), а также входного и выходного напряжений, в лабораторном стенде имеются специальные измерительные цепи, включающие измерительные шунты, цепи согласования, а также устройство коммутации входов осциллографа. При этом к первому входу осциллографа можно подводить входное «Uс1» и выходное «Uа» напряжения исследуемого ГВВ, устанавливая в соответствующее положение переключатель «Осц.вход1». Ко второму входу осциллографа подавать колебания, пропорциональные токам анода «Iа», управляющей сетки «Iс1» и экранирующей сетки «Iс2», устанавливая в соответствующее положение переключатель «Осц.вход2».

МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ПРИ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКЕ:

1. Изучение принципов работы резонансного усилителя мощности (ГВВ) и его принципиальной схемы следует проводить с помощью учебников [1] (стр. 16-18) и [2] (стр. 31-37). Изучение способов построения цепей питания ГВВ и назначения элементов схем также осуществляется по учебникам [1] (стр. 163-176) и [2] (стр. 117-119). Также целесообразно пользоваться конспектом лекций.
2. Изучение режимов работы усилителя мощности (ГВВ) при работе с отсечкой выходного тока также следует проводить с помощью учебников [1] (стр. 23-25, 41-46) и [2] (стр. 50-57) и конспекта лекций.
3. Изучение динамических характеристик усилителя мощности (ГВВ) и режимов его работы при различной степени напряженности также следует проводить с помощью учебников [1] (стр. 22-28, 36-41) и [2] (стр. 50-57) и конспекта лекций.
4. Изучение зависимости режимов работы усилителя мощности (ГВВ) при изменении величин питающих напряжений, напряжения возбуждения и сопротивления нагрузки (включая нагрузочные характеристики) также проводится с помощью учебников [1] (стр. 58-64) и [2] (стр. 58-61) и конспекта лекций.

5. Изучение зависимости режима работы от величины напряжения возбуждения и амплитудных характеристик усилителя мощности (ГВВ) проводится с помощью учебников [1] (стр. 58-60) и [2] (стр. 302-304), а также конспекта лекций.

6. Ознакомление с лабораторным стендом проводится с помощью настоящего описания – см. выше.

ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ:

ВНИМАНИЕ: Включать аппаратуру и приступать к экспериментальной работе можно только после получения разрешения ведущего занятия преподавателя!

Подготовка лабораторной установки к работе:

а) Убедиться, что не нарушены соединения межблочных кабелей между лабораторным стендом и осциллографом ОСУ-20. Гнездо «Осц. вход1» должен быть соединен с гнездом «CH1» осциллографа, гнездо «Осц. вход2» должен быть соединен с гнездом «CH2» осциллографа, а гнездо «Синх. Осц.» должен быть соединен с гнездом «EXT TRIG IN» осциллографа.

б) На лабораторном стенде не подавая питание (клавиша «СЕТЬ» не нажата) установить органы регулировки в следующие положения: переключатель «Осц. вход 2» - в положение «Ia», переключатель «Осц. вход 1» - в положение «Ua», переключатель «Reg. Rn» установить в положение «2000 Ом», ручку регулировки напряжения возбуждения «Reg Uс1» следует установить в крайнее левое положение; ручку регулировки напряжения смещения «Reg. Ec1» установить в крайнее правое положение.

в) Органы управления осциллографом ОСУ-20 выставить в следующие начальные положения (до включения осциллографа в сеть):

1-й ряд сверху: все регулировочные ручки следует установить в средние положения;

2-й ряд сверху: ручка «Focus» при работе осциллографа устанавливается в положении, соответствующем наибольшей четкости изображения (изначально ее можно установить в среднее положение), переключатель «Mode» — в положение «Dual», кнопка «NORM / INV» — в нажатом положении; кнопка «X1 / X5» — в ненажатом положении; кнопка «Slope» — в нажатом положении; кнопка «X1 / X10» — в ненажатом положении; кнопка «Cal / Var» — в ненажатом положении.

3-й ряд сверху: переключатели масштаба измерения по вертикали «VOLTS / DIV» (большие ручки) следует установить в положения «0,2» по левой половине шкалы (левая большая ручка) и «50» по правой половине шкалы (правая большая ручка); малые ручки этих же органов регулировки следует установить в крайнее правое положение) переключатель «Mode» — в положении «Auto»; переключатель частоты горизонтальной развертки «TIME / DIV» следует установить в положение «10 us»;

4-й ряд сверху: оба переключателя «AC / GND / DC» следует установить в положение «DC»; переключатель «TRIGGER SOURCE» следует установить в положение «EXT».

г) Получив разрешение ведущего занятия преподавателя, включить лабораторный стенд (клавиша «СЕТЬ» в левом нижнем углу лабораторного стенда), а также осциллограф ОСУ-20 (кнопка включения расположена в правом нижнем углу прибора). **ВНИМАНИЕ:** рубильники на силовом электрошите разрешается включать только преподавателю, инженеру или лаборанту!

д) На включенном лабораторном стенде следует установить его органы управления в следующие положения:

1) Убедиться, что ручка регулировки напряжения смещения «Reg. Ec1», расположенного под ней, установлена в крайнее правое положение, а стрелка вольтметра «Ec1» находится в правой части шкалы.

2) Ручку регулировки напряжения питания анода «Reg. Ea» следует установить в положение, при котором расположенный под ней вольтметр «Ea» покажет 200 В.

3) Ручку регулировки напряжения питания экранирующей сетки «Reg. Ec2» следует установить в положение, при котором расположенный под ней вольтметр «Ec2» покажет 150 В.

4) Ручку регулировки напряжения смещения управляющей сетки «Reg. Ec1» следует установить в положение, при котором расположенный под ней вольтметр «Ec1» покажет 15 В. Учитывая обратную полярность источника напряжения смещения, при этом напряжение смещения на управляющей сетке будет равно - 15 В (вольтметр «Ec1» показывает модуль этого напряжения).

5) Ручку регулировки напряжения возбуждения «Reg. Uc1» следует установить в положение, при котором вольтметр «Uc1» (отградуирован в амплитудных значениях) покажет 30 В.

е) Убедиться, что на осциллографе наблюдаются две осциллограммы: осциллограмма гармонического напряжения на выходном электроде (аноде) лампы (канал осциллографа CH1), а также импульсы выходного (анодного) тока (канал осциллографа CH1), соответствующие работе с отсечкой выходного тока (см. выше разделы теоретической подготовки). Ручками регулировки, осциллографа «POSITION», расположенными в верхнем ряду, следует отцентрировать наблюдаемое на экране изображение, а также развести две наблюдаемые осциллограммы по вертикали, расположив их одну над другой (в произвольном порядке). Ручкой осциллографа «INTEN», расположенной в верхнем ряду, установить адекватную яркость изображения, а ручкой «FOCUS», расположенной ниже, - сфокусировать изображение. В случае, если изображение нестатичное (движется по горизонтали), следует отрегулировать положения ручек «TRIG LEVEL» и «VARIABLE», также расположенных в верхнем ряду.

7. Экспериментальное исследование зависимости величины угла отсечки анодного тока от величин напряжения смещения и напряжения возбуждения. Наблюдение осциллограмм анодного тока, соответствующих различным углам отсечки.

Убедиться, что на осциллографе наблюдаются две осциллограммы: осциллограмма гармонического напряжения на выходном электроде (аноде), а также импульсы выходного (анодного) тока, соответствующие работе с отсечкой выходного тока.

Регулируя положение ручки «Reg. Uc1» следует добиться появления неглубокой впадины в вершине импульса выходного (анодного) тока, наблюдаемого на осциллографе, что соответствует слабоперенапряженному режиму работы исследуемого каскада. Плавно вращая ручку настройки индуктивности колебательного контура «Reg. Lk» следует добиться того, чтоб наблюдаемая впадина в вершине импульса анодного тока стала симметричной. Это будет соответствовать точной настройке колебательного контура исследуемого каскада в резонанс. Плавно вращая ручку «Reg. Ec1» добиться того, чтоб длительность наблюдаемых на осциллографе импульсов анодного тока была бы примерно («на глаз») равна длительности временного интервала отсечки анодного тока. Это будет соответствовать режиму работы в классе В.

Убедиться, что на экране осциллографа видны два периода наблюдаемых анодного тока и анодного напряжения. Полученные осциллограммы следует зарисовать, соблюдая масштаб. Пользуясь масштабной сеткой осциллографа, следует определить число делений, соответствующих одному полному периоду наблюдаемых процессов. Аналогично, пользуясь масштабной сеткой осциллографа, следует оценить число делений соответствующих длительности наблюдаемого импульса анодного тока, начиная от предшествующей отсечки и заканчивая последующей отсечкой. С учетом того, что длительность периода гармонического колебания составляет 360° , по результатам измерений (в делениях масштабной сетки осциллографа) длительности периода и длительности импульса анодного тока, через составление и решение пропорции следует

определить величину угла отсечки в градусах. При этом не следует забывать, что под углом отсечки понимается половина длительности импульса. Убедиться, что полученное значение угла отсечки близко к 90^0 . Если результат заметно отличается от требуемого, следует, при необходимости, откорректировать напряжение смещения на управляющей сетке ручкой «Рег. Ес1» сменного блока. Зафиксировать величину напряжения смещения (пользуясь показаниями вольтметра «Ес1», и не забывая про отрицательную полярность этого напряжения), соответствующего углу отсечки, близкому к 90^0 .

Вращая ручку «Рег. Ес1» следует убедиться, что угол отсечки выходного (анодного) тока изменяется. Зарисовать осциллограммы, соответствующие уменьшению и увеличению напряжения смещения, относительно исходного положения. Вычислить (повторив описанные выше измерения и расчеты) величины углов отсечки, соответствующие более низкому (по модулю, относительно исходного значения) и более высокому значениям напряжения смещения. Сформулировать и записать выводы о характере зависимости угла отсечки выходного (анодного) тока от величины напряжения смещения на управляющей сетке лампы.

Установить ручкой «Рег. Ес1» режим работы исследуемого каскада с углом отсечки меньше 90^0 (ориентируясь на наблюдаемую осциллограмму анодного тока). Изменяя ручкой «Рег Uс1» наблюдать, как изменяется величина угла отсечки при изменении амплитуды напряжения возбуждения. Сформулировать и записать соответствующий вывод. Повторить этот эксперимент, установив режим работы исследуемого каскада с углом отсечки больше 90^0 , сформулировав и записав аналогичный вывод. Вернуть ручку «Рег Uс1» в первоначальное положение.

Установить ручкой «Рег. Ес1» напряжение смещения (соответствующее углу отсечки, близкому к 90^0).

Установить ручку переключателя «Осц. вход 2» - в положение «Iс2». Зарисовать наблюдаемые на экране осциллографа импульсы тока экранирующей сетки (для удобства, можно отмасштабировать их ручкой «VOLTS / DIV» канала «СН2» осциллографа), после чего (по изложенной выше методике) определить угол отсечки тока экранирующей сетки. Вернуть ручку переключателя «Осц. вход 2» - в положение «Iа», а также восстановить исходное положение ручки «VOLTS / DIV» канала «СН2» осциллографа (если оно изменялось).

8. Наблюдение осциллограмм анодного тока, соответствующих различной напряженности режима работы усилителя мощности (ГВВ).

Не меняя настроек, полученных при выполнении предшествующего пункта задания, убедиться (по наблюдаемым осциллограммам), что угол отсечки импульсов анодного тока близок к 90^0 , и при этом в вершине импульса этого тока наблюдается симметричная впадина (провал) небольшой глубины. При необходимости, симметричности впадины можно добиться вращая ручку «Рег. Lк» колебательного контура, а глубину впадины можно отрегулировать ручкой «Рег Uс1» Зарисовать полученную осциллограмму. Такой режим работы усилителя мощности (ГВВ) называют слабоперенапряженным.

Регулируя (ручкой «Рег Uс1») величину напряжения возбуждения в сторону уменьшения, добиться полного исчезновения впадины (провала) в наблюдаемых импульсах анодного тока. Зарисовать полученную осциллограмму. Такой режим работы ГВВ называется недонапряженным.

Слегка увеличивая (вращая ту же ручку «Рег Uс1») напряжение возбуждения, добиться такой формы наблюдаемых импульсов тока, когда вершина импульса уплощается (по сравнению с остроконечной вершиной при недонапряженном режиме), но впадины (провала) в импульсах еще нет. Зарисовать полученную осциллограмму. Такой режим работы усилителя мощности (ГВВ) называется граничным.

Увеличивая (той же ручкой «Рег Uс1») напряжение возбуждения, добиться

глубокого провала в наблюдаемых импульсах тока, так, чтобы глубина провала достигала основания импульса. Зарисовать полученную осциллограмму. Еще более увеличивая напряжение возбуждения, добиться того, чтоб «дно» впадины начало уплощаться. Если этого сделать не удастся, необходимо дополнительно увеличить сопротивление нагрузки R_n ручкой переключателя «Рег. R_n ». Также можно изменить напряжение анодного питания ручкой «Рег. E_a » на более низкое. Зарисовать полученную осциллограмму. Рассмотренные режимы работы усилителя мощности (ГВВ) относятся к сильноперенапряженным.

Восстановить исходные настройки лабораторного стенда (т.е. добиться небольшой глубины впадины (провала) в импульсах анодного тока, и вернуть исходные значения сопротивления нагрузки и напряжения анодного питания, ежели они изменялись.

Поворачивая влево ручку настройки колебательного контура «Рег. L_k » уменьшить величину контурной индуктивности так, чтоб в наблюдаемых осциллограммах импульсов анодного тока наблюдался перекоп впадины (провала), относительно вершины импульса. Это будет соответствовать работе при расстроенном «вверх» колебательном контуре. Зарисовать наблюдаемую осциллограмму. Повторить эксперимент для случая работы при расстроенном «вниз» колебательном контуре, для чего установить величину контурной индуктивности несколько выше исходной (поворачивая вправо ручку настройки колебательного контура «Рег. L_k »), наблюдая перекоп впадины (провала) импульса анодного тока в противоположную сторону. Зарисовать наблюдаемую осциллограмму. Сформулировать и записать выводы по полученным результатам. Вернуть исходную установку частоты напряжения возбуждения, вернув ручку «Рег. L_k » в исходное положение, соответствующее симметричному импульсу анодного тока, наблюдаемому на экране осциллографа.

9. Экспериментальное исследование зависимости степени напряженности режима усилителя мощности (ГВВ) при изменении величин питающих напряжений, напряжения возбуждения и сопротивления нагрузки.

Не меняя предыдущих настроек, добиться (например, регулируя ручкой «Рег U_{c1} » напряжение возбуждения) глубины впадины (провала) импульса анодного тока, достигающей половины высоты импульса. Убедиться (по наблюдаемой осциллограмме), что исследуемый каскад работает в режиме с отсечкой выходного (анодного) тока с углом отсечки, близким к 90° (при необходимости, отрегулировать напряжение смещения ручкой "Рег. E_{c1} ").

Изменяя в небольших пределах напряжение возбуждения (ручкой "Рег U_{c1} "), наблюдать за изменениями глубины впадины (провала) в импульсах анодного тока, наблюдаемых на экране осциллографа. Сформулировать и записать выводы о влиянии величины напряжения возбуждения на глубину впадины (провала) в импульсах анодного тока и степень напряженности режима усилителя мощности (ГВВ). Повторить этот же эксперимент, наблюдая и зарисовывая осциллограммы тока экранирующей сетки (для чего установить ручку переключателя «Осц. вход 2» - в положение « I_{c2} », а после возвратив ее в положение « I_a »; при необходимости масштабирования наблюдаемой осциллограммы по вертикали следует пользоваться ручкой «VOLTS / DIV» канала «CH2» осциллографа). Восстановить исходную настройку исследуемого каскада (впадина (провал) в импульсе анодного тока должна достигать примерно середины высоты (размаха) импульса), прежде всего вернув исходное положение ручки "Рег U_{c1} ".

Изменяя напряжение смещения (ручкой "Рег. E_{c1} "), наблюдать за изменениями глубины впадины (провала) в импульсах анодного тока, наблюдаемых на экране осциллографа. Сформулировать и записать выводы о влиянии величины напряжения смещения на глубину впадины (провала) в импульсах анодного тока и степень напряженности режима усилителя мощности (ГВВ). Восстановить исходную настройку исследуемого усилителя мощности (ГВВ) (впадина (провал) в импульсе анодного тока

должна достигать примерно середины высоты (размаха) импульса, а угол отсечки должен быть близким к 90°), прежде всего вернув в исходное положение ручку «Рег. Ес1».

Изменяя напряжение питания анодной цепи (ручкой «Рег. Еа»), наблюдать за изменениями глубины впадины (провала) в импульсах анодного тока, наблюдаемых на экране осциллографа. Сформулировать и записать выводы о влиянии величины напряжения анодного питания на глубину впадины (провала) в импульсах анодного тока и степень напряженности режима усилителя мощности (ГВВ). Повторить этот же эксперимент, наблюдая и зарисовывая осциллограммы тока экранирующей сетки (для чего установить ручку переключателя «Осц. вход 2» - в положение «Iс2», а после возвратив ее в положение «Iа»; при необходимости масштабирования наблюдаемой осциллограммы по вертикали следует пользоваться ручкой «VOLTS / DIV» канала «CH2» осциллографа). Восстановить исходную настройку исследуемого усилителя мощности (ГВВ) (впадина (провал) в импульсе анодного тока должна достигать примерно середины высоты (размаха) импульса), прежде всего вернув исходное напряжение анодного питания (200 В), ручкой «Рег. Еа».

Изменяя напряжение питания цепи экранирующей (ручкой «Рег. Ес2»), наблюдать за изменениями глубины впадины (провала) в импульсах анодного тока, наблюдаемых на экране осциллографа. Сформулировать и записать выводы о влиянии величины напряжения питания экранирующей сетки на глубину впадины (провала) в импульсах анодного тока и степень напряженности режима усилителя мощности (ГВВ). Повторить этот же эксперимент, наблюдая и зарисовывая осциллограммы тока экранирующей сетки (для чего установить ручку переключателя «Осц. вход 2» - в положение «Iс2», а после возвратив ее в положение «Iа»; при необходимости масштабирования наблюдаемой осциллограммы по вертикали следует пользоваться ручкой «VOLTS / DIV» канала «CH2» осциллографа). Восстановить исходную настройку исследуемого усилителя мощности (ГВВ) (впадина (провал) в импульсе анодного тока должна достигать примерно середины высоты (размаха) импульса), прежде всего вернув исходное напряжение питания экранирующей сетки (150 В), ручкой «Рег. Ес2».

Дискретно изменяя величину сопротивления нагрузки (переключателем «Рег. Rн», устанавливая его поочередно во все возможные положения от «300 Ом» до «12000 Ом»), наблюдать за изменениями глубины впадины (провала) в импульсах анодного тока, наблюдаемых на экране осциллографа. Сформулировать и записать выводы о влиянии величины сопротивления нагрузки на глубину впадины (провала) в импульсах анодного тока и степень напряженности режима усилителя мощности (ГВВ). Повторить этот же эксперимент, наблюдая и зарисовывая осциллограммы тока экранирующей сетки (для чего установить ручку переключателя «Осц. вход 2» - в положение «Iс2», а после возвратив ее в положение «Iа»; при необходимости масштабирования наблюдаемой осциллограммы по вертикали следует пользоваться ручкой «VOLTS / DIV» канала «CH2» осциллографа). Восстановить исходную настройку исследуемого усилителя мощности (ГВВ) (впадина (провал) в импульсе анодного тока должна достигать примерно середины высоты (размаха) импульса), прежде всего вернув исходное положение («2000 Ом») переключателя «Рег. Rн».

10. Наблюдение на экране осциллографа динамических характеристик усилителя мощности (ГВВ), соответствующих разным режимам его работы.

Не изменяя настроек лабораторного макета (исследуемый каскад работает в режиме с отсечкой выходного тока, угол отсечки близок к 90° , глубина впадины (провала) составляет примерно половину высоты его импульса, а сама впадина симметрична), изменить настройку осциллографа ОСУ-20: ручку управления частотой развертки осциллографа "TIME / DIV" (3-й ряд сверху) следует установить в положение "X – Y". При этом, на вертикальные пластины осциллографа поступает напряжение пропорциональное анодному току, а на горизонтальные – переменное анодное

напряжение.

Пронаблюдать и зарисовать полученную динамическую характеристику. Для управления размерами получаемого на экране осциллографа ОСУ-20 изображения, следует пользоваться ручками грубой (большими) и плавной (малыми) регулировки масштаба / усиления «VOLTS / DIV» соответствующих каналов "CH1" и "CH2" (органы управления каналом "CH1" влияют на масштаб по горизонтали, а "CH2" — на масштаб по вертикали). В крайнем случае, если динамическая характеристика не наблюдается или не соответствует масштабам экрана осциллографа, можно изменить положение кнопки «X1 / X5». При необходимости сдвига изображения динамической характеристики по горизонтали или по вертикали следует пользоваться соответствующими органами управления «POSITION» осциллографа. Если динамическая характеристика сильно «раздваивается», следует уточнить настройку в резонанс колебательного контура, немного изменив положение ручки «Lk», добиваясь приближения наблюдаемой на экране осциллографа динамической характеристики к ломаной линии. **ВНИМАНИЕ:** После завершения выполнения этого пункта (10) лабораторного задания, обязательно нужно восстановить исходные положения всех вышеперечисленных органов управления осциллографа ОСУ-20: «VOLTS / DIV», "TIME / DIV", «X1 / X5».

Изменяя в небольших пределах величину напряжения возбуждения (ручкой "Reg Uc1", наблюдать за изменением формы динамической характеристики. Зарисовать две-три характерные динамические характеристики, соответствующие разным режимам усилителя мощности (ГВВ) по степени напряженности. Вернуть (ручкой «Reg Uc1») исходное значение напряжения возбуждения.

Изменяя в небольших пределах величину напряжения смещения (ручкой "Reg. Ec1"), наблюдать за изменением формы динамической характеристики. Зарисовать две-три характерные динамические характеристики, соответствующие разным режимам усилителя мощности (ГВВ) по углу отсечки. Вернуть (ручкой «Reg. Ec1») исходное значение напряжения смещения.

Изменяя сопротивление нагрузки R_n (переключателем «Reg. R_n », устанавливая его поочередно во все положения от «300 Ом» до «12000 Ом»), наблюдать за изменением формы динамической характеристики. Зарисовать две-три характерные динамические характеристики, соответствующие разным режимам усилителя мощности (ГВВ) по степени напряженности. Вернуть (переключателем «Reg. R_n ») исходное значение сопротивления нагрузки «2000 Ом».

Вернуть изначальные установки органов управления осциллографом ОСУ-20.

11. Экспериментальное исследование нагрузочных характеристик резонансного усилителя мощности (ГВВ).

Убедиться, что исследуемый каскад работает в исходном режиме с отсечкой выходного (анодного) тока и, при необходимости, подрегулировать напряжение смещения ручкой "Reg. Ec1", добиваясь угла отсечки, близкого к 90° . Убедиться, что переключатель «Reg. R_n » установлен в положение "2000 Ом", напряжение питания анода составляет 200 В, а напряжение питания экранирующей сетки составляет 150 В. Убедиться, что в наблюдаемом импульсе анодного тока наблюдается неглубокая впадина (провал) его вершины. В случае отсутствия впадины (провала) следует увеличить амплитуду напряжения возбуждения (ручкой «Reg Uc1»). Убедиться, что впадина (провал) в наблюдаемых импульсах анодного тока симметричная. В случае несимметричности следует немного откорректировать настройку колебательного контура, поворачивая ручку «Reg. Lk».

Ручкой "Reg Uc1" установить такое напряжение возбуждения, чтобы обеспечить граничный режим работы ГВВ (при этом впадины (провала) в наблюдаемых на осциллографе импульсах анодного тока быть не должно, однако вершина импульса должна быть немного уплощенной). В процессе дальнейшего выполнения этого пункта

задания важно следить за тем, чтоб напряжение анодного питания, напряжение питания экранирующей сетки, напряжение смещения управляющей сетки, напряжение возбуждения и настройка колебательного контура исследуемого каскада поддерживались неизменными!

Изменяя величину сопротивления нагрузки исследуемого каскада, для чего следует поочередно устанавливать все возможные положения переключателя «Рег. Rн» от «300 Ом» до «Рег. Rн» следует фиксировать и записывать (в приведенную ниже таблицу) соответствующие этим сопротивлениям нагрузки амплитуды выходного (анодного) напряжения $U_{\text{вых.ампл.}}$ исследуемого каскада (отсчитывая показания встроенного вольтметра «Uа», отградуированного в амплитудных значениях), величину постоянной составляющей тока анода $I_{\text{ао}}$ (отсчитывая показания амперметра «Iа», отградуированного в миллиамперах мА), потребляемого лампой от источника анодного питания, а также величину постоянной составляющей тока экранирующей сетки $I_{\text{с2о}}$ (отсчитывая показания амперметра «Iс2», отградуированного в миллиамперах мА), потребляемого лампой от источника питания экранирующей сетки. По окончании измерений следует вернуть переключатель сопротивления нагрузки «Рег. Rн» в исходное положение «2000 Ом», а также немного увеличить амплитуду напряжения возбуждения (ручкой «Рег Uc1»), добиваясь появления неглубокой впадины (провала) в вершине наблюдаемых импульсов анодного тока, восстановив тем самым исходное состояние лабораторного стенда, необходимое для выполнения следующего пункта лабораторного задания.

Rн, Ом	Rн=300 Ом	Rн=550 Ом	-----	Rн=12000 Ом
Uвых.амп., В				
Iао, мА				
Iс2о, мА				
Rполезн., Вт				
Rпотр., Вт				
Rпотерь ан., Вт				
КПД, %				
Rпотерь с2., Вт				

По полученным и записанным в таблицу результатам измерений, рассчитать для каждого значения сопротивления нагрузки величины полезной и потребляемой мощности, мощности тепловых потерь на аноде лампы, коэффициента полезного действия анодной цепи исследуемого каскада, а также мощность, рассеиваемую на экранирующей сетке лампы, заполнив соответствующие строки таблицы. Расчет потребляемой мощности $R_{\text{потр}}$ (P_0) от источника питания ведется обычным способом: величина напряжения анодного питания (измеряемая вольтметром «Еа» (изначально устанавливается 200 В) умножается на измеренную величину постоянного тока анода $I_{\text{ао}}$, измеряемую амперметром «Iа» (эту величину необходимо предварительно пересчитать из миллиампер в амперы). При вычислении полезной мощности $R_{\text{полезн}}$ (P_1), необходимо учесть, что вольтметр «Uа» отградуирован в амплитудных значениях напряжения. С учетом этого, полезная мощность, отдаваемая исследуемым каскадом усиления мощности (ГВВ) вычисляется как половина отношение квадрата амплитуды выходного напряжения к величине сопротивления нагрузки (коэффициент 0,5 учитывает амплитудное значение напряжения). Мощность тепловых потерь на аноде лампы ($R_{\text{потерь ан.}}$) определяется разностью значений потребляемой и полезной мощности, а коэффициент полезного действия выходной (анодной) цепи, - как отношение полезной мощности к потребляемой. Поскольку экранирующая сетка по радиочастоте закорочена на общий провод блокировочным конденсатором, вся мощность, потребляемая цепью этой сетки от источника питания, рассеивается на самой экранирующей сетке. Расчет этой мощности

(Рпотерь s_2 .) также ведется известным способом: величина напряжения питания экранирующей сетки (измеряемая вольтметром "Ес2» (изначально устанавливается 150 В) умножается на измеренную величину постоянного тока экранирующей I_{c20} , измеряемую амперметром "Iс2" (эту величину необходимо предварительно пересчитать из миллиампер в амперы).

По результатам измерений и расчетов, необходимо построить графики зависимости всех рассчитанных мощностей и КПД исследуемого каскада усиления мощности (ГВВ) от величины сопротивления нагрузки.

12. Экспериментальное исследование амплитудных характеристик резонансного усилителя мощности (ГВВ) при разных углах отсечки.

Убедиться, что лабораторный макет находится в исходном режиме, когда все органы управления приведены в положения, описанные в начале указаний к предыдущему пункту лабораторного задания. Обратит особое внимание, чтоб угол отсечки наблюдаемого на экране осциллографа анодного тока был близок к 90^0 . При необходимости, следует откорректировать величину напряжения смещения (ручкой «Рег. Ес1»).

Поворачивая ручку "Рег Uс1" вправо и влево, убедиться, что впадина (провал) в вершине наблюдаемых импульсов анодного тока возникает при значениях амплитуды напряжения возбуждения (контролируемой стрелочным индикатором на панели встроенного генератора НЧ), превышающих приблизительно 2/3 от максимально возможного. Если впадина «провал» в наблюдаемых импульсах анодного тока возникает при значительно более низких значениях амплитуды напряжения возбуждения, следует переключить сопротивление нагрузки каскада (переключателем «Рег. Rн») из положения «2000 Ом» в положение «1000 Ом». Если же, наоборот, впадина (провал) в наблюдаемом импульсе анодного тока появляется только при максимальном значении напряжения возбуждения (при крайнем правом положении ручки «Рег Uс1»), следует переключить сопротивление нагрузки каскада из положения «2000 Ом» в положение «3600 Ом».

Установить нулевое напряжение возбуждения, повернув ручку «Рег Uс1» в крайнее левое положение. Для исследования амплитудной характеристики лабораторного усилителя мощности (ГВВ) необходимо изменять амплитуду напряжения возбуждения, вращая ручку «Рег Uс1», начиная от нулевого значения амплитуды до максимально возможного, устанавливая поочередно 10-15 значений. Измерение амплитуды напряжения возбуждения осуществляется вольтметром "Uс», отградуированном в амплитудных значениях. Его показания следует записывать в приведенную ниже таблицу (в строчку «Uвх.амп., В»). Измерение выходного напряжения исследуемого усилителя мощности (ГВВ) следует проводить при помощи вольтметра «Uа», также отградуированного в амплитудных значениях. Показания этого вольтметра должны быть занесены в строку «Uвых.амп., В» таблицы.

Uвх.амп., В													
Uвых.амп., В													

Следует обратить внимание, что при проведении этого эксперимента напряжение анодного питания, напряжение питания экранирующей сетки, напряжение смещения на управляющей сетке, а также сопротивление нагрузки и настройка колебательного контура должны оставаться неизменными и соответствовать ранее установленным исходным значениям.

По результатам измерений и расчетов, необходимо построить график зависимости $U_{вых.амп.} = f(U_{вх.амп.})$, - экспериментальную амплитудную характеристику. Сформулировать и записать выводы о линейности или нелинейности полученной амплитудной характеристики (для ее различных областей: малых, средних и больших амплитуд).

Повторить процедуру исследования и построения амплитудной характеристики для двух других значений угла отсечки, - соответственно несколько больше 90° (порядка 100° – 120°) и меньше 90° (порядка 70° – 80°). Для этого, предварительно восстановив начальные установки органов управления лабораторного стенда следует изменить (ручкой «Рег. Ес1») напряжение смещения, при котором будет достигаться требуемый угол отсечки (ориентируясь по наблюдаемой осциллограмме импульсов анодного тока). Для каждого из двух новых значений угла отсечки следует провести (по вышеизложенной методике) экспериментальное исследование амплитудной характеристики, заполняя таблицы, аналогичные приведенным выше. По полученным результатам следует построить графики еще двух амплитудных характеристик исследуемого каскада, соответствующих режимам классов АВ и С. Сформулировать и записать выводы о линейности или нелинейности полученной амплитудной характеристики (для ее различных областей: малых, средних и больших амплитуд) для случаев работы в этих двух режимах. Сформулировать и записать выводы о возможных искажениях сигнала с меняющейся амплитудой при работе в режимах классов АВ и С.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) Цель работы;
- 2) Принципиальную схему исследуемого каскада усиления мощности (ГВВ) в соответствии с приведенной на передней панели лабораторного стенда;
- 3) Осциллограммы импульсов анодного тока при разных углах отсечки и разной степени напряженности режима исследуемого усилителя мощности (ГВВ), а также при расстройке колебательного контура, а также осциллограммы импульсов тока экранирующей сетки.
- 4) Выводы о зависимости угла отсечки от величин напряжений смещения и возбуждения;
- 5) Выводы о зависимости степени напряженности режима усилителя мощности (ГВВ) от величин напряжений смещения, возбуждения, анодного питания, питания экранирующей сетки, а также сопротивления нагрузки;
- 6) Экспериментальные динамические характеристики для разных режимов работы усилителя мощности (ГВВ);
- 7) Результаты исследования нагрузочных характеристик усилителя мощности (ГВВ) – таблицу и графики;
- 8) Результаты экспериментального исследования амплитудных характеристик усилителя мощности (ГВВ) (таблицы и графики амплитудных характеристик) при трех разных значениях угла отсечки;
- 9) Выводы о степени линейности полученных амплитудных характеристик и о возможных нелинейных искажениях при усилении колебаний с меняющейся амплитудой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Нарисовать самостоятельно простейшую принципиальную схему резонансного усилителя мощности (ГВВ) на электронной лампе (тетроде или пентоде) с минимально необходимыми деталями. Показать пути прохождения постоянной и переменной составляющих тока управляющей сетки, постоянной составляющей, первой и второй гармоник анодного тока, постоянной составляющей тока экранирующей сетки.
- 2) Указать основные преимущества и недостатки электронных ламп по сравнению с биполярными и полевыми транзисторами, применительно к построению усилителя мощности (ГВВ).
- 3) Нарисовать самостоятельно семейства выходных и проходных статических характеристик электронной лампы. Указать основные эквивалентные параметры электронных ламп (при линейно идеализации). Зарисовать и пояснить простейшую

- конструкцию электронной лампы триода, указав причину возникновения междуэлектродных емкостей.
- 4) Пояснить основные преимущества экранированных ламп (тетродов и пентодов) перед триодами, применительно к построению радиочастотных усилителей мощности (ГВВ).
 - 5) Пояснить, в чем состоят преимущества и недостатки резонансного построения усилителя мощности (ГВВ). Указать по какой причине, резонансное построение транзисторных усилителей мощности (ГВВ) не так широко распространено, как в случае построения усилителей мощности (ГВВ) на электронных лампах.
 - 6) Пояснить особенности работы входной (сеточной) цепи ГВВ на электронной лампе. Указать особенности способов питания этих цепей.
 - 7) Пояснить принцип работы выходной (анодной) цепи усилителя мощности (ГВВ). Указать причины появления переменных составляющих выходного тока. Пояснить где и каким образом возникает переменная составляющая выходного напряжения. Указать особенности способов питания анодных цепей.
 - 8) Пояснить принцип работы цепи экранирующей сетки. Пояснить особые требования к блокировочному конденсатору в этой цепи.
 - 9) Обосновать причину широкого применения в радиопередатчиках режимов работы усилителей мощности (ГВВ) с отсечкой выходного тока. Нарисовать примеры осциллограмм выходного тока при разных углах отсечки. Нарисовать примерный вид спектра такого тока.
 - 10) Указать, по какой причине в резонансном усилителе мощности (ГВВ), независимо от формы выходного тока, форма выходного напряжения всегда близка к гармонической.
 - 11) Показать при помощи статических характеристик, каким образом величина угла отсечки зависит от напряжений смещения и возбуждения.
 - 12) Нарисовать примеры динамических характеристик усилителя мощности (ГВВ), соответствующих разным углам отсечки.
 - 13) Нарисовать примеры динамических характеристик усилителя мощности (ГВВ), соответствующих разной напряженности режима.
 - 14) Нарисовать несколько динамических характеристик, соответствующих разным значениям напряжения анодного питания. Показать, каким образом это напряжение влияет на режим работы усилителя мощности (ГВВ).
 - 15) Нарисовать несколько динамических характеристик, соответствующих разным значениям напряжения внешнего возбуждения. Показать, каким образом это напряжение влияет на режим работы усилителя мощности (ГВВ).
 - 16) Нарисовать несколько динамических характеристик, соответствующих разным значениям сопротивления нагрузки. Показать, каким образом это сопротивление влияет на режим работы усилителя мощности (ГВВ).
 - 17) Нарисовать теоретический вид нагрузочных характеристик ГВВ. Пояснить ход этих кривых с точки зрения теории.
 - 18) Пояснить, каким образом будут изменяться нагрузочные характеристики ГВВ при изменении величин напряжений питания и возбуждения.
 - 19) Нарисовать и пояснить, каким образом будет изменяться форма импульса анодного тока усилителя мощности (ГВВ) при работе в слабоперенапряженном режиме на расстроенный колебательный контур.
 - 20) Обосновать причины широкого применения в ГВВ граничного режима работы. Нарисовать динамическую характеристику, соответствующую граничному режиму при работе усилителя мощности (ГВВ) в классе С или в классе АВ.
 - 21) Поясните, какие требования предъявляются к усилителя мощности (ГВВ) при усилении колебаний с меняющейся амплитудой.

- 22) Назовите основные причины нелинейных искажений при усилении колебаний с меняющейся амплитудой.
- 23) Дайте определение амплитудной характеристики усилителя и нарисуйте примерный ее вид для случая идеального линейного усилителя мощности.
- 24) Объясните, какие существуют ограничения на выбор угла отсечки усилителя мощности (ГВВ), работающего в режиме усиления колебаний с меняющейся амплитудой.
- 25) Объясните, какие существуют ограничения на выбор степени напряженности режима усилителя мощности (ГВВ), работающего в режиме усиления колебаний с меняющейся амплитудой.
- 26) Поясните, к каким искажениям амплитудной характеристики усилителя мощности (ГВВ) приводит неправильный выбор угла отсечки.
- 27) Поясните, к каким искажениям амплитудной характеристики усилителя мощности (ГВВ) приводит неправильный выбор степени напряженности режима.
- 28) Объясните, почему у усилителей мощности (ГВВ), работающих в качестве усилителей колебаний с меняющейся амплитудой, оказывается достаточно низкий коэффициент полезного действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

- 1) Радиопередающие устройства / В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; под ред. В.В. Шахгильдяна. Учебник для ВУЗов.- М.: Радио и связь, 1996 (2001).
- 2) М.С. Шумилин, О.В. Головин, В.П. Севальнев, Э.А. Шевцов – Радиопередающие устройства. Учебник для техникумов. М.: Радио и связь, 1990.
- 3) Проектирование радиопередатчиков / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; под ред. В.В. Шахгильдяна. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 2000.
- 4) Сборник описаний лабораторных работ «Радиопередатчики часть 3: Основы устройств генерирования и формирования радиосигналов». М.:Информсвязьиздат, 2007.