

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы по дисциплине
“Аналоговые электронные устройства” для
студентов дневной и заочной форм обучения
направления 0907 — Радиотехника

Севастополь
2005

УДК 621.396.62(75)

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине “Аналоговые электронные устройства” для студентов дневной и заочной форм обучения направления 0907 — Радиотехника / Сост. А.В. Мельников — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. — 20 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам дневной и заочной форм обучения в изучении принципов расчета и последовательности проектирования устройств аналоговой обработки сигналов. Представлены основные этапы курсовой работы и даны методические рекомендации по их выполнению. Приведены задания на курсовую работу.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники (протокол № 16 от « 24 » июня 2005 г.).

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Зав. кафедрой радиотехники,
к.т.н., доцент

Гимпилевич Ю.Б.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель курсовой работы	4
2. Содержание курсовой работы и основные требования	5
3. Работа над курсовой работой и ее защита	8
4. Примерная последовательность проектирования	9
5. Задания на курсовую работу	11
Библиографический список	17

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по Аналоговым электронным устройствам (АЭУ) является самостоятельной работой студентов и выполняется им после того, как освоены дисциплины «Основы теории цепей» и «Компонентная база РЭА».

Выполнение курсовой работы по АЭУ является завершающим этапом в изучении методов анализа и построения устройств усиления и аналоговой обработки сигналов и имеет целью:

- углубление и закрепление теоретических знаний студентов по курсу АЭУ;
- приобретение практических навыков самостоятельного анализа и расчета аналоговых устройств обработки сигналов;
- применение полученных знаний для решения конкретных инженерных задач, возникающих при проектировании устройств усиления и аналоговой обработки сигналов и умение творчески подходить к выбору элементов и узлов устройств, выпускаемых промышленностью серийно;
- развитие навыков и умений пользования специальной технической литературой;
- совершенствование умения в составлении текстовой и графической документации;
- развитие навыков и умений использования ЭВМ при проведении расчетов и оформлении курсовых работ;
- содействие приобретению студентами знаний, умений и навыков, необходимых при выполнении курсовых работ и проектов по другим специальным дисциплинам и дипломному проектированию.

2. РАБОТА НАД КУРСОВОЙ РАБОТОЙ И ЕЕ ЗАЩИТА

Курсовая работа рассчитана на выполнение в течение десяти-двенадцати недель семестра. Для своевременного выполнения курсовой работы студенты должны в среднем затратить $3 \div 4$ часов самостоятельной работы в неделю.

На протяжении всего семестра студенту следует получать консультации у руководителя согласно установленного расписания. Цель консультации состоит в том, чтобы обеспечить планомерность работы и обоснованность выбираемых решений.

На четвертой и девятой неделях семестра студент должен доложить руководителю о результатах работы для оценки им степени готовности курсовой работы.

На десятой-двенадцатой неделе курсовая работа должна быть полностью завершена студентом и, не позднее установленного срока, представлена к защите.

Ориентировочная последовательность выполнения основных разделов курсовой работы, следующая:

- 1 \div 2 недели — изучение литературы. Выбор и обоснование структурной схемы устройства.
- 3 \div 4 недели — предварительный электрический расчет устройства.
- 5 \div 7 недели — полный электрический расчет схемы и характеристик устройства.
- 8 \div 9 недели — оформление расчетно-пояснительной записки курсовой работы.
- 10 \div 11 недели — вычерчивание принципиальной схемы на листе ватмана.
- 12 \div 13 недели — подготовка и защита курсовой работы.

Защита выполненной курсовой работы оценивается комиссией.

В ходе защиты студент должен доложить в течение $5 \div 7$ минут результаты работы и затем ответить на вопросы членов комиссии по существу выполненной работы.

Курсовые работы, представляющие теоретический либо практический интерес, отличающиеся высоким качеством оформления, по решению комиссии могут быть представлены на конкурс студенческих работ.

При оформлении курсовой работы следует учитывать, что формулы, по которым ведется расчет, должны быть приведены в общем виде с обязательным пояснением буквенных обозначений, встречающихся в формулах впервые, а затем с подставленными числовыми значениями величин. При подстановке числовых значений необходимо пользоваться системой СИ. Окончательный результат должен быть вычислен с точностью до трех значащих цифр (578000 или 5,78 или 0,578) и снабжен знаком основной или производной размерности (В, А, Ом, мВ, мА, кОм и т.д.).

При проведении расчетов в тексте записки необходимо давать ссылки на источники, которые приведены в библиографическом списке.

Принципиальная схема усилителя вычерчивается на листе ватмана формата А2 в карандаше или выполняется и распечатывается на ЭВМ с использованием пакета программ систем автоматизации проектирования *AutoCAD*, *OrCAD* или др.

При выполнении графической части необходимо руководствоваться правилами выполнения чертежей, изложенными в ГОСТах:

- ГОСТ 2.702-75. Правила выполнения электрических схем;
- ГОСТ 2.721-74. Обозначения условные, графические в схемах;
- ГОСТ 2.709-89. Система маркировки цепей в электрических схемах;
- ГОСТ 2.729-68. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители;
- ГОСТ 2.728-74. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы;
- ГОСТ 2.413-72. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа;
- ГОСТ 2.730-73. Приборы полупроводниковые;
- ГОСТ 2.304-81. Шрифты чертежей;
- ГОСТ 2.108-96. Порядок заполнения спецификации;
- ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам;
- ГОСТ 2.501-88. Складывание чертежей.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Курсовая работа представляет собой законченную разработку проектируемого устройства усиления аналоговых сигналов и состоит из расчетно-пояснительной записки и чертежа принципиальной схемы.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на стандартных листах белой бумаги формата А4. Содержание записки пишется разборчивым почерком без сокращений с одной стороны листа (приветствуется компьютерная верстка). По краям листа оставляются поля, слева — 25 мм, справа — 10 мм, сверху и снизу — 20 мм. При компьютерной верстке текст и формулы набирают шрифтом 14 или 12 пт.

Текст записки разбивается на разделы и подразделы, снабженные соответствующими заголовками. Листы записки нумеруются, в верхнем правом углу.

Оформление пояснительной записки и чертежей должно соответствовать ГОСТ 2.002-93.

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать следующие материалы:

- титульный лист;
- содержание;
- техническое задание;
- обоснование и расчет структурной схемы усилителя;
- расчет каскадов усилителя;
- расчет температурной неустойчивости;
- расчет нелинейных искажений;
- выбор и расчет цепей обратной связи;
- расчет результирующих характеристик устройства;
- построение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ);
- технические требования на источник питания;
- сравнение заданных и полученных параметров;
- выводы, содержащие основные результаты проектирования;
- перечень ссылок;
- программы расчета на ЭВМ и распечатки результатов (приводятся в приложении);
- перечень элементов к принципиальной схеме (приводятся в приложении).

4. ПРИМЕРНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование начинается с изучения технического задания (ТЗ), рекомендованной литературы и настоящих методических указаний. На основе анализа ТЗ определяют наиболее трудно получаемые параметры. Затем производят составление и расчет структурной схемы.

При составлении структурной схемы вначале выбирают схему построения оконечного каскада (однотактный или двухтактный, бестрансформаторный или трансформаторный). По величине выходной мощности и сопротивлению нагрузки определяют напряжение источника питания, ток в нагрузке, мощность, рассеиваемую на коллекторе транзисторов оконечного каскада. Выбирают транзисторы для оконечного каскада, режимы работы (А, В или АВ) и способы их включения (ОЭ, ОК или ОБ).

Выбор транзисторов оконечного каскада производят с учетом заданного диапазона рабочих частот, отдаваемой в нагрузку мощности, выбранного режима работы и схемы включения, а также с учетом предельно допустимого тока коллектора и напряжения коллектор-эмиттер транзистора. Из транзисторов, удовлетворяющих этим параметрам, выбирают транзистор, наиболее удовлетворяющий разработчика по другим параметрам (коэффициент передачи тока, стоимость, рабочий диапазон температур и т.д.).

Определяют необходимую глубину отрицательной обратной связи для уменьшения коэффициента гармоник оконечного каскада до заданной величины или для уменьшения частотных искажений, или для повышения стабильности работы усилителя. Если оконечный каскад включен по схеме с ОК, то учитывают также нелинейные искажения, вносимые предоконечным каскадом.

Затем выбирают схему и тип усилительного элемента входного каскада с учетом сопротивления источника сигнала (во входных каскадах обычно устанавливают малошумящие транзисторы).

После этого выбирают схемы регуляторов тембра (активные или пассивные) и других регулировок или корректирующих каскадов (если они необходимы) определяют их коэффициент передачи в области средних частот, выбирают транзисторы и рассчитывают количество каскадов предварительного усиления с учетом коэффициента передачи регуляторов тембра (или корректирующих каскадов) и снижения усиления вводимой отрицательной обратной связью.

Следует рассмотреть возможность использования стандартных микросхем и определить каскады, которые будут выполнены не на транзисторах, а на основе стандартных микросхем. При выборе микросхем следует учитывать:

- диапазон рабочих частот;
- величины питающих напряжений;
- максимальное выходное напряжение микросхемы;
- коэффициент усиления;
- перспективность серии и др. параметры.

Затем производят распределение частотных искажений усилителя по каскадам раздельно для области нижних и верхних частот.

После этого вычерчивают структурную схему проектируемого усилителя с указанием каскадов, охваченных обратной связью, и необходимых регулировок.

В разделе **обоснование и расчет структурной схемы** должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- выбраны схемы включения каскадов их режимы работы;
- рассчитана глубина обратной связи (если она необходима) и определены каскады, которые будут охвачены петлей обратной связи;
- рассчитано напряжение источника питания;
- выбраны типы транзисторов и используемых микросхем;
- предусмотрены все необходимые регулировки (при расчете структурной схемы для регулируемых каскадов и цепей регулировок необходимо учитывать коэффициент передачи в области средних частот);
- определено ориентировочное количество каскадов разрабатываемого устройства и распределены ожидаемые частотные искажения по отдельным каскадам;
- определены каскады, вносящие нелинейные искажения.

При **расчете каждого из каскадов** в пояснительной записке должна быть приведена его принципиальная схема.

По исходным данным необходимо выбрать схему каскада, рассчитать все элементы, входящие в схему, найти входное сопротивление усилителя, напряжения на его входе и выходе, а также токи протекающие во входной цепи и нагрузке.

Для каскадов на биполярных транзисторах должны быть рассчитаны следующие параметры:

- постоянные составляющие тока коллектора и напряжения коллектор-эмиттер в рабочей точке;
- амплитуда переменной составляющей тока коллектора и напряжения на коллекторе;
- постоянная составляющая тока коллектора;
- мощность, потребляемая коллекторной цепью от источника питания;
- мощность, отдаваемая в нагрузку;
- максимальная мощность рассеяния на коллекторе;
- к.п.д. коллекторной цепи;
- ток базы и напряжение база-эмиттер в рабочей точке;
- амплитуды переменной составляющей тока базы и напряжения база-эмиттер;

- номиналы всех пассивных элементов каскада и произведен их выбор;
- рассчитаны частотные искажения на границах полосы пропускания.

Для каскадов на микросхемах должны быть:

- рассчитаны номиналы всех навесных элементов;
- определены напряжения на входе и выходе схемы;
- определен дрейф выходного напряжения в заданном диапазоне температур;
- рассчитаны частотные искажения на границах полосы пропускания.

При выборе типов элементов необходимо использовать современную элементную базу, разрешенную к применению в новых разработках действующими документами.

При расчете АЧХ и температурной нестабильности каскадов рекомендуется пользоваться ЭВМ. В частности можно воспользоваться системой для выполнения расчетов *Mathcad*, схемными эмуляторами *Microcap*, *Worcbench* или другими аналогичными пакетами прикладных программ.

Содержание записки должно быть изложено литературным языком без сокращений, упрощений, жаргонных выражений и т.д. (допускаются общепринятые сокращения).

При расчете каждого каскада необходимо привести его принципиальную, а также, при необходимости, упрощенную или эквивалентную схему. Если при расчете используются входные, выходные или др. характеристики усилительного элемента, то их необходимо привести в пояснительной записке с необходимыми при расчете каскада соответствующими построениями.

Выбор номиналов резисторов и конденсаторов должен быть обязательно обоснован и соответствовать стандартному ряду значений.

Далее в процессе работы над курсовой работой необходимо:

- рассчитать цепи обратной связи;
- сравнить необходимое и фактическое напряжения, обеспечивающие заданную мощность на выходе;
- рассчитать сглаживающие фильтры и составить технические требования на источник питания;
- уточнить окончательную принципиальную схему;
- рассчитать АЧХ устройства и его температурную нестабильность;
- составить таблицу сравнения заданных и полученных характеристик усилителя.

В следующем разделе делаются выводы по работе

После этого выполняется чертеж принципиальной схемы разработанного устройства и составляется перечень элементов к принципиальной схеме.

5. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Вариант индивидуального задания выбирается из таблиц 1 ÷ 10 в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

Принятые сокращения:

- $P_{\text{вых}}$ — мощность на выходе усилителя;
- $U_{\text{вх}}$ — действующее значение напряжения источника сигнала;
- $R_{\text{ист}}$ — сопротивление источника сигнала;
- $R_{\text{н}}$ — сопротивление нагрузки усилителя;
- $f_{\text{н}}$ — нижняя граничная частота полосы пропускания усилителя;
- $f_{\text{в}}$ — верхняя граничная частота полосы пропускания усилителя;
- $M_{\text{н}}$ — допустимый коэффициент частотных искажений на нижней граничной частоте;
- $M_{\text{в}}$ — допустимый коэффициент частотных искажений на верхней граничной частоте;
- $K_{\text{г}}$ — допустимый коэффициент гармоник;
- t_{max} — максимальная температура окружающей среды;
- t_{min} — минимальная температура окружающей среды;
- K — коэффициент усиления по напряжению.

Таблица 1

Последняя цифра зачетной книжки — 1.

Рассчитать транзисторный УНЧ с выходной мощностью $P_{\text{вых}} = 15\text{Вт}$. Предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной 40 дБ и регулировку тембра на ВЧ и НЧ.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{вх}}$, мВ	10	20	25	15	20	30	15	20	10	5
$R_{\text{ист}}$, кОм	2	3	4	5	6	6	0,5	0,4	0,3	0,2
$R_{\text{н}}$, Ом	4	5	6	6,5	30	75	60	2,5	5	6
$f_{\text{н}}$, Гц	30	40	30	20	60	20	40	50	50	40
$f_{\text{в}}$, кГц	18	19	25	18	19	14	18	40	16	19
$M_{\text{н}}$, дБ	1,1	1,2	1,1	1,0	0,8	0,9	1,5	0,8	1,5	1,2
$M_{\text{в}}$, дБ	2	1,5	2	2,3	2,5	3	2,5	2	1,5	1,0
$K_{\text{г}}$, %	0,02	0,03	0,01	0,001	0,02	0,003	0,05	0,01	0,002	0,01
$t_{\text{max.}}$, °С	50	40	40	45	50	60	65	55	45	50
$t_{\text{min.}}$, °С	-20	-10	-30	-20	-10	-5	0	-20	-30	-35

Таблица 2

Последняя цифра зачетной книжки — 2.

Рассчитать транзисторный УНЧ Предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной 60 дБ и регулировку тембра на НЧ.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{вх}}$, мВ	30	40	50	60	70	50	20	60	40	50
$P_{\text{вых}}$, Вт	10	15	20	10	15	20	10	15	20	25
$R_{\text{ист}}$, кОм	100	90	70	60	70	50	60	70	80	100
$R_{\text{н}}$, Ом	4	5	6	8	2	4	6	8	4	6
$f_{\text{н}}$, Гц	50	20	70	30	60	70	30	40	50	30
$f_{\text{в}}$, кГц	60	55	60	55	30	65	60	100	40	70
$M_{\text{н}}$, дБ	0,3	0,4	0,2	0,5	0,4	0,3	0,6	0,5	0,6	0,4
$M_{\text{в}}$, дБ	2	3	2	3	2	3	2	1,5	2	2,5
$K_{\text{г}}$, %	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$t_{\text{max.}}$, °С	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
$t_{\text{min.}}$, °С	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0	-10	0

Таблица 5

Последняя цифра зачетной книжки — 5.

Рассчитать транзисторный усилитель мощности. Предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной не менее 50 дБ и регулировку тембра на ВЧ.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{ВХ}}$, мВ	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$P_{\text{ВЫХ}}$, Вт	1	15	80	25	15	20	40	20	25	30
$R_{\text{ИСТ}}$, кОм	250	200	150	160	200	250	200	150	160	200
$R_{\text{Н}}$, Ом	600	300	75	60	300	4	4,5	5	5	6
$f_{\text{Н}}$, Гц	300	60	15	80	90	120	50	30	40	70
$f_{\text{В}}$, кГц	8	12	14	16	12	14	16	18	12	10
$M_{\text{Н}}$, дБ	1,5	1,5	0,5	1	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5
$M_{\text{В}}$, дБ	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2
$K_{\text{Г}}$, %	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3
$t_{\text{max.}}$, °С	40	45	50	60	45	50	60	50	55	60
$t_{\text{min.}}$, °С	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-10	-5

Таблица 6

Последняя цифра зачетной книжки — 6.

Рассчитать усилитель постоянного тока для работы в широком диапазоне температур (нижняя граничная частота $f_{\text{Н}} = 0$). Предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной ± 10 дБ. Дрейф нуля в заданном диапазоне температур не должен превышать ± 100 мВ. Рассмотреть возможность разработки усилителя без термостатирования и с использованием термостатирования.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{ВЫХ}}$, Вт	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0
$U_{\text{ВХ}}$, мВ	10	20	30	40	50	45	40	35	30	20
$R_{\text{ИСТ}}$, кОм	500	400	300	500	400	300	500	400	300	500
$R_{\text{Н}}$, Ом	600	600	600	600	300	300	300	60	60	60
$f_{\text{В}}$, кГц	500	400	300	200	100	150	250	350	300	200
$M_{\text{В}}$, дБ	3	2	1	3	2	1	3	2	1	2
$K_{\text{Г}}$, %	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
$t_{\text{max.}}$, °С	80	80	70	70	80	80	70	70	80	80
$t_{\text{min.}}$, °С	-40	-30	-40	-30	-40	-30	-40	-30	-40	-30

Таблица 7

Последняя цифра зачетной книжки — 7.

Рассчитать транзисторный УНЧ для приемника. Действующее значение напряжения на выходе детектора приемника составляет $U_{\text{вх.}} = 50\text{ мВ}$. Предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной 40 дБ и регулировку тембра на ВЧ и НЧ.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{вых.}}, \text{ Вт}$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$R_{\text{ист.}}, \text{ кОм}$	500	400	300	500	400	300	600	500	400	600
$R_{\text{н.}}, \text{ Ом}$	4	6	30	60	4	6	30	60	4	6
$f_{\text{н.}}, \text{ Гц}$	30	40	50	60	80	30	40	50	60	80
$f_{\text{в.}}, \text{ кГц}$	14	16	18	14	16	18	14	16	18	14
$M_{\text{н.}}, \text{ дБ}$	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5
$M_{\text{в.}}, \text{ дБ}$	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	2,0
$K_{\text{г.}}, \%$	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,	0,4	0,1	0,2	0,3
$t_{\text{max.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	40	50	60	40	50	60	40	50	60	50
$t_{\text{min.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	-5	-10	0	-5	-10	0	-5	-10	0	-5

Таблица 8

Последняя цифра зачетной книжки — 8.

Рассчитать транзисторный усилитель мощности. Источником входного сигнала служит пьезоэлектрический звукосниматель. Предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной не менее 50 дБ и регулировку тембра на НЧ и ВЧ.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{вх.}}, \text{ мВ}$	20	30	40	50	60	70	20	30	40	50
$P_{\text{вых.}}, \text{ Вт}$	20	25	18	20	30	35	15	25	20	30
$R_{\text{ист.}}, \text{ кОм}$	1000	800	900	1000	800	900	1000	800	900	1000
$R_{\text{н.}}, \text{ Ом}$	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
$f_{\text{н.}}, \text{ Гц}$	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30
$f_{\text{в.}}, \text{ кГц}$	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10
$M_{\text{н.}}, \text{ дБ}$	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0
$M_{\text{в.}}, \text{ дБ}$	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
$K_{\text{г.}}, \%$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
$t_{\text{max.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
$t_{\text{min.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	-5	-10	-5	-10	-5	-10	-5	-10	-5	-10

Таблица 9

Последняя цифра зачетной книжки — 9.

Рассчитать усилитель мощности по следующим данным.

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{ВХ}}$, мВ	100	200	300	400	500	600	500	400	300	200
$P_{\text{ВЫХ}}$, Вт	40	60	80	100	40	60	80	100	80	60
$R_{\text{ИСТ}}$, кОм	1	2	3	5	10	5	2	1	2	5
$R_{\text{Н}}$, Ом	6	8	4	2	4	6	8	4	6	8
$f_{\text{Н}}$, Гц	10	15	20	25	30	50	10	15	20	25
$f_{\text{В}}$, кГц	15	20	30	15	20	30	15	20	30	15
$M_{\text{Н}}$, дБ	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0
$M_{\text{В}}$, дБ	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$K_{\text{Г}}$, %	0,5	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3
$t_{\text{макс.}}$, °С	50	50	60	60	50	50	60	60	50	50
$t_{\text{мин.}}$, °С	0	−5	−10	0	−5	−10	0	−5	−10	0

Таблица 10

Последняя цифра зачетной книжки — 0.

Рассчитать усилитель мощности по следующим данным

Предпоследняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{\text{ВХ}}$, мВ	500	600	700	500	500	600	700	800	500	600
$P_{\text{ВЫХ}}$, Вт	100	120	150	120	100	120	150	120	150	120
$R_{\text{ИСТ}}$, кОм	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	5,0	1,0	2,0	5,0
$R_{\text{Н}}$, Ом	0,8	1,0	1,5	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	1,5	1,5
$f_{\text{Н}}$, Гц	40	50	60	40	50	60	40	50	60	40
$f_{\text{В}}$, кГц	20	22	25	18	20	22	25	18	20	22
$M_{\text{Н}}$, дБ	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5
$M_{\text{В}}$, дБ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$K_{\text{Г}}$, %	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	0,8	0,6	0,5	0,7	1,0
$t_{\text{макс.}}$, °С	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
$t_{\text{мин.}}$, °С	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ежков Ю.С. Справочник по схемотехнике усилителей / Ю.С. Ежков. — М.: РадиоСофт, 2002. — 268 с.
2. Справочник по учебному проектированию приемо-усилительных устройств / Под ред. М.К. Белкина. — Киев.: Вища школа, 1988. — 470 с.
3. Варакин Л.Е. Бестрансформаторные усилители мощности./ Л.Е. Варакин. — М.: Радио и связь, 2004. — 128 с.
4. Проектирование усилительных устройств / Под ред. Н.В. Терпугова. — М.: Высш. шк., 1982. — 190 с.
5. Высокочастотные пролупроводниковые усилители с обратной связью: Инженерные методы расчета / А.И. Борисов, В.М. Белявцев, И.Н. Жуков и др. Под ред. А.И. Борисова, А.В. Кривошеина.- М.: Радио и связь, 1982. — 86 с.
6. Игнатов А.Н. Полевые транзисторы./ А.Н. Игнатов. — М.: Радио и связь, 1984. — 217 с.
7. Гозлинг В.Б. Применение полевых транзисторов. / В.Б. Гозлинг. — М.: Энергия, 1970. — 160 с.
8. Проектирование усилительных устройств на транзисторах / Под ред. Г.В.Войшвилло. — М.: Связь, 1972. — 168 с.
9. Мигулин Ю.И. Усилительные устройства на транзисторах. / Ю.И. Мигулин, М.З. Чаповский. — Киев.: Техника, 1968. — 428 с.
10. Варшавер Б.А. Расчет и проектирование импульсных усилителей. / Б.А. Варшавер. — М.: Высш. шк., 1967. — 288 с.
11. Горбань Б.Г. Расчет широкополосных усилителей./ Б.Г. Горбань. — Радио и связь.: 1980. — 247 с.
12. Александрова Т.С. Проектирование усилителей телевизионных сигналов. / Т.С. Александровна. — М.: Связь, 1971. — 151 с.
13. Проектирование транзисторных усилителей звуковых частот / Под ред. Н.Л.Безладнова. — М.: Связь, 1978. — 368 с.
14. Бочаров Н.Л. Расчет электронных устройств на транзисторах./ Н.Л. Бочаров. — М.: Энергия, 1978. — 208 с.
15. Пустынский И.Н. Транзисторные видеоусилители. / И.Н. Пустынский. — М.: Советское радио, 1973. — 176 с.
16. Проектирование радиоэлектронных устройств на интегральных микросхемах / Под ред. С.Я.Шаца. — М.: Советское радио, 1976. — 126 с.
17. Шило А.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. / А.Л. Шило. — М.: Советское радио, 1979. — 366 с.
18. Алексенко А.Г. Применение прецизионных аналоговых ИС. / А.Г.Алексенко, Е.А. Коломбет, Г.И. Стародуб. — М.: Советское радио, 1980. — 223 с.
19. Цыкина А.В. Проектирование трансформаторных усилителей низкой частоты. / А.В.Цыкина. — М.: Связь, 1968. — 169 с.
20. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике. / П. Шкритек. — М.: Мир, 1991. — 445 с.

21. Полупроводниковые приборы. Справочник / Под ред. Н.И.Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1981. — 744 с.
22. Нестеренко Б.К. Интегральные ОУ: справочное пособие по применению. / Б.К. Нестеренко. — М.: Энергоиздат, 1982. — 360 с.
23. Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам. / В.Ю. Лавриненко. — Киев.: Техника, 1984. — 423 с.
24. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин. — М.: Горячая линия — Телеком, 2001. — 320 с.
25. Турута Е.Ф. Усилители мощности низкой частоты – интегральные микро-схемы. Справочник / Е.Ф.Турута. — М.: ДМК, 2000. — 234 с.
26. Герасимов В.А. Интегральные усилители низкой частоты. Справочник / В.А. Герасимов, Ред. С.Л. Корякин-Черняк. — СПб.: Наука и техника, 2002. — 523 с.

Заказ №

от

Тираж

экз.

Изд-во СевНТУ