



Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Севастопольский национальный технический университет
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы по дисциплине
«АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА»

для студентов направления 6.050901 — «Радиотехника»
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
2012

УДК 621.396.1

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Аналоговые электронные устройства» для студентов направления 6.050901 — «Радиотехника» дневной и заочной форм обучения / Сост. А.В. Мельников. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. — 21 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 рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций (протокол № 12 от « 26 » июня 2012 г.).

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент Савочкин А.А.

Ответственный за выпуск:

Заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций,
доктор технических наук, профессор Гимпилевич Ю.Б.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель курсовой работы	4
2. Работа над курсовой работой и ее защита	5
3. Содержание курсовой работы и основные требования	7
4. Примерная последовательность проектирования	9
5 Задания на курсовую работу	13
Библиографический список	19
Приложение А. Стандартные ряды Е96, Е48, Е24, Е12	21

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по дисциплине «Аналоговые электронные устройства» (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 дисциплине АЭУ;
- 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 пользоваться специальной технической литературой и справочными сведениями, имеющимися в международной сети *Internet*;
- 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...4 часа 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...2 недели — изучение литературы. Выбор и обоснование структурной схемы устройства.
- 3...4 недели — предварительный электрический расчет устройства.
- 5...7 недели — полный электрический расчет схемы и характеристик устройства.
- 8...9 недели — оформление расчетно-пояснительной записки курсовой работы.
- 10...11 недели — выполнение чертежа принципиальной схемы.
- 12...13 недели — подготовка и защита курсовой работы

Защита выполненной курсовой работы оценивается комиссией.

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

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 численными значениями величин. При подстановке числовых значений необходимо пользоваться системой СИ. При подстановке числовых значений необходимо указывать их в основных единицах (Вольт, Ампер, Фарада, Генри и т.д.). Окончательный результат обычно 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, 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 *PCAD*, *AutoCAD*, *OrCAD* или др.

Электрические схемы выполняют в соответствии с ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75, ГОСТ 2.710-81 и другими стандартами этой группы [1].

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 с одной стороны листа. Записка может быть написана от руки, напечатана на пишущей машинке или на принтере (компьютерный набор). По краям листа оставляются поля, левое — 25 мм, правое — 15 мм, верхнее и нижнее — 20 мм. Абзацы в тексте начинаются с отступа 10 мм.

При компьютерном наборе используют шрифт высотой от 12 до 14 пт, через 1,5 интервала. Текст записки разбивается на разделы и подразделы, снабженные соответствующими заголовками. Заголовки разделов и подразделов отделяют от текста сверху и снизу дополнительными интервалами по 6 или 12 пт. Для заголовков разделов можно применить полужирный шрифт.

Счет страниц — сквозной, начиная с титульного листа. Все страницы, кроме титульного листа, нумеруются в правом верхнем углу арабскими цифрами без каких-либо дополнительных знаков.

Оформление пояснительной записки и чертежей должно соответствовать требованиям стандарта Украины по оформлению отчета о научно-исследовательской работе [2] и методическим указаниям [3].

Пояснительная записка к курсовой работе должна быть переплетена и содержать следующие материалы:

- титульный лист;
- содержание;
- техническое задание;
- обоснование и расчет структурной схемы усилителя;
- расчет всех каскадов усилителя;
- расчет температурной нестабильности;
- 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 с подписью студента;
- перечень ссылок;

— перечень элементов к принципиальной схеме (приводится в приложении);

— программы расчета и распечатки результатов (в случае использования ЭВМ) (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, режим работы (A , B или AB) 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 температурной 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;
- температурный дрейф выходного напряжения;
- перспективность серии и другие параметры.

Затем производят распределение частотных искажений усилителя по каскадам отдельно 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, режимы их 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;
- оценен дрейф выходного напряжения (при расчете УПТ);
- 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 и токи 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 точке покоя;
- амплитуда переменной составляющей тока коллектора и напряжения на коллекторе;
- мощность, потребляемая коллекторной цепью от источника питания;
- мощность, отдаваемая в нагрузку;
- максимальная мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора;
- КПД коллекторной цепи;

- ток базы и напряжение база-эмиттер в точке покоя;
- амплитуды переменной составляющей тока базы и напряжения база-эмиттер;
- номиналы всех пассивных элементов каскада и произведен выбор их номиналов в соответствии со стандартным рядом (см. Приложение А);
- 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 действующими документами к применению в новых разработках.

При расчете АЧХ и температурной нестабильности каскадов рекомендуется пользоваться ЭВМ. В частности, можно воспользоваться для выполнения расчетов системой *Mathcad*, схемными эмуляторами *Microcap*, *Workbench* или другими аналогичными пакетами прикладных программ. Если расчет АЧХ или температурной нестабильности проведен с использованием ЭВМ, то распечатка программы расчета и распечатка результатов должны быть приведены в приложении.

Содержание записки должно быть изложено литературным языком без сокращений, упрощений, жаргонных выражений и т.д. (допускаются общепринятые сокращения) [3].

При расчете каждого каскада необходимо привести его принципиальную, а также, при необходимости, упрощенную или эквивалентную схемы. 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 (см. Приложение А).

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, установленные в цепях питания, и составить технические требования на источник питания;

- уточнить окончательную принципиальную схему;
- рассчитать АЧХ устройства и дрейф выходного напряжения в заданном диапазоне температур;
- составить таблицу сравнения заданных и полученных характеристик усилителя.

Делаются выводы по работе.

Составляется библиографический список.

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

Перечень элементов выполняют на стандартных листах формата А4 и располагают в приложении после библиографического списка.

5. ЗАДАНИЯ 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;
- $t_{\text{мах.}}$ — максимальная температура окружающей среды;
- $t_{\text{мин.}}$ — минимальная температура окружающей среды;
- K — коэффициент усиления по напряжению.

Таблица 1

Последняя цифра зачетной книжки — 1.

Рассчитать УНЧ с выходной мощностью $P_{\text{вых}} = 15$ 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	35	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	15	19	14	18	30	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
$t_{\text{max.}}$, °C	50	40	40	45	50	60	65	55	45	50
$t_{\text{min.}}$, °C	– 20	– 10	– 30	– 20	– 10	– 5	0	– 20	– 30	– 35

Таблица 2

Последняя цифра зачетной книжки — 2.

Рассчитать 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
$t_{\text{max.}}$, °C	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
$t_{\text{min.}}$, °C	–10	0	–10	0	–10	0	–10	0	–10	0

Таблица 5

Последняя цифра зачетной книжки — 5.

Рассчитать 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	2,5	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
$K_{\text{г}}$, %	3	4	0,5	0,4	5	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3
$t_{\text{max.}}$, °C	40	45	50	60	45	50	60	50	55	60
$t_{\text{min.}}$, °C	− 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	10	20	30	40	50	15	20	30	40	50
$M_{\text{в}}$, дБ	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2
$K_{\text{г}}$, %	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
$t_{\text{max.}}$, °C	80	80	70	70	80	80	70	70	80	80
$t_{\text{min.}}$, °C	− 10	0	− 10	0	− 10	0	− 10	0	− 10	0

Таблица 7

Последняя цифра зачетной книжки — 7.

Рассчитать УНЧ, который подключен к детектору приемника. Действующее значение напряжения на выходе детектора составляет $U_{\text{вх.}} = 50$ 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
$R_{\text{ист.}}, \text{кОм}$	50	40	30	50	40	30	10	50	40	10
$R_{\text{н.}}, \text{Ом}$	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
$M_{\text{в.}}, \text{дБ}$	2,0	1,5	2,0	1,5	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,5
$K_{\text{г.}}, \%$	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3
$t_{\text{max.}}, ^\circ\text{C}$	55	50	60	55	50	60	55	50	60	50
$t_{\text{min.}}, ^\circ\text{C}$	– 5	– 10	0	– 5	– 10	0	– 5	– 10	0	– 5

Таблица 8

Последняя цифра зачетной книжки — 8.

Рассчитать 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
$t_{\text{max.}}, ^\circ\text{C}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
$t_{\text{min.}}, ^\circ\text{C}$	– 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
$t_{\text{max.}}$, °C	50	50	60	60	50	50	60	60	50	50
$t_{\text{min.}}$, °C	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
$t_{\text{max.}}$, °C	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
$t_{\text{min.}}$, °C	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усатенко С.Т. Графическое изображение электрорадиосхем: справочник / С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. — К.: Техника, 1986. — 113 с.
2. ДСТУ 3008-95. Документация. Отчеты в сфере науки и техники. Структура и правила оформления. — Введ. 1995-28-02. — К.: Госстандарт, 1995. — 37 с.
3. Методические указания по оформлению текстовых работ для студентов дневной и заочной форм обучения направления 6.050901 — «Радиотехника» / СевНТУ; сост. В.Г. Слезкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. — 20 с.
4. Справочник по учебному проектированию приемо-усилительных устройств / Под ред. М.К.Белкина.— К.: Вища школа, 1998.— 470 с.
5. Варакин Л.Е. Бестрансформаторные усилители мощности / Л.Е. Варакин. — М.: Радио и связь, 1994.— 128 с.
6. Проектирование усилительных устройств / Под ред. Н.В. Терпугова.— М.: Высшая школа, 2002.— 190 с.
7. Высокочастотные пролупроводниковые усилители с обратной связью: Инженерные методы расчета / А.И.Борисов [и др.]; под ред. Борисова А.И., Кривошеина А.В. — М.: Радио и связь, 1992.— 86 с.
8. Игнатов А.Н. Полевые транзисторы / А.Н. Игнатов. — М.: Радио и связь, 2004. — 217 с.
9. Гозлинг В.М. Применение полевых транзисторов / В.М. Гозлинг. — М.: Энергия, 1990.- 160 с.
10. Проектирование усилительных устройств на транзисторах / Под ред. Г.В.Войшвилло. — М.: Связь, 1992. — 168 с.
11. Варшавер Б.А. Расчет и проектирование импульсных усилителей / Б.А. Варшавер. — М.: Высшая школа, 1997.— 288 с.
12. Проектирование транзисторных усилителей звуковых частот / Под ред. Н.Л.Безладнова. — М.: Связь, 1998. — 368 с.
13. Бочаров Н.Л. Расчет электронных устройств на транзисторах / Н.Л. Бочаров. — М.: Энергия, 1998. — 208 с.
14. Проектирование радиоэлектронных устройств на интегральных микросхемах / Под ред. С.Я.Шаца. — М.: Радио и связь, 2001. — 126 с.
15. Шило А.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре / А.Л. Шило. — М.: Радио и связь, 1999. — 366 с.
16. Цыкина А.В. Проектирование трансформаторных усилителей низкой частоты / А.В. Цыкина. — М.: Связь, 1988. — 169 с.
17. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике / П. Шкритек. — М.: Мир, 1998. — 445 с.
18. Полупроводниковые приборы. Справочник / Под ред. Н.И. Горюнова. — М.: Энергоиздат, 1991. — 744 с.

19.Нестеренко Б.К. Интегральные ОУ: справочное пособие по применению / Б.К. Нестеренко. — М.: Энергоиздат, 1992. — 360 с.

20.Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам / В.Ю. Лавриненко. — К.: Техника, 1994. — 423 с.

21. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин. — М.: Горячая линия—Телеком, 2007. — 320 с.

22. Турута Е.Ф. Усилители мощности низкой частоты — интегральные микросхемы. Справочник / Е.Ф. Турута. — М.: ДМК, 2009. — 234 с.

23.Герасимов В.А. Интегральные усилители низкой частоты. Справочник / В.А. Герасимов; под ред. Коряк-Черняка С.Л. — СПб.: Наука и техника, 2009. — 523 с.

24.Ежков Ю.С. Справочник по схемотехнике усилителей / Ю.С. Ежков. — М.: РадиоСофт, 2008. — 268 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Стандартные ряды E96, E48, E24, E12

Таблица А.1 — Значения стандартных рядов

E96	E48	E24	E12	E96	E48	E24	E12	E96	E48	E24	E12
1,00	1,00	1,0	1,0	2,15	2,15	—	—	4,64	4,64	—	—
1,02	—	—	—	2,21	—	2,2	2,2	4,75	—	4,7	4,7
1,05	1,05	—	—	2,26	2,26	—	—	4,87	4,87	—	—
1,07	—	—	—	2,32	—	—	—	4,99	—	—	—
1,10	1,10	1,1	—	2,37	2,37	—	—	5,11	5,11	5,1	—
1,13	—	—	—	2,43	—	2,4	—	5,23	—	—	—
1,15	1,15	—	—	2,49	2,49	—	—	5,36	5,36	—	—
1,18	—	—	—	2,55	—	—	—	5,49	—	—	—
1,21	1,21	1,2	1,2	2,61	2,61	—	—	5,62	5,62	5,6	5,6
1,24	—	—	—	2,67	—	—	—	5,76	—	—	—
1,27	1,27	—	—	2,74	2,74	2,7	2,7	5,90	5,90	—	—
1,30	—	1,3	—	2,80	—	—	—	6,04	—	—	—
1,33	1,33	—	—	2,87	2,87	—	—	6,19	6,19	6,2	—
1,37	—	—	—	2,94	—	—	—	6,34	—	—	—
1,40	1,40	—	—	3,01	3,01	3,0	—	6,49	6,49	—	—
1,43	—	—	—	3,09	—	—	—	6,65	—	—	—
1,47	1,47	—	—	3,16	3,16	—	—	6,81	6,81	6,8	6,8
1,50	—	1,5	1,5	3,24	—	—	—	6,98	—	—	—
1,54	1,54	—	—	3,32	3,32	3,3	3,3	7,15	7,15	—	—
1,58	—	—	—	3,40	—	—	—	7,32	—	—	—
1,62	1,62	1,6	—	3,48	3,48	—	—	7,50	7,50	7,5	—
1,65	—	—	—	3,57	—	—	—	7,68	—	—	—
1,69	1,69	—	—	3,65	3,65	3,6	—	7,87	7,87	—	—
1,74	—	—	—	3,74	—	—	—	8,06	—	—	—
1,78	1,78	1,8	1,8	3,83	3,83	—	—	8,25	8,25	8,2	8,2
1,82	—	—	—	3,92	—	3,9	3,9	8,45	—	—	—
1,87	1,87	—	—	4,02	4,02	—	—	8,66	8,66	—	—
1,91	—	—	—	4,12	—	—	—	8,87	—	—	—
1,96	—	—	—	4,22	4,22	—	—	9,09	9,09	9,1	—
2,00	—	2,0	—	4,32	—	4,3	—	9,31	—	—	—
2,05	2,05	—	—	4,42	4,42	—	—	9,53	9,53	—	—
2,10	—	—	—	4,53	—	—	—	9,76	—	—	—

Стандартные величины сопротивлений резисторов или емкостей конденсаторов определяют путем умножения чисел ряда на 10^n , где n — целое положительное или отрицательное число. Предельные значения n зависят от типов конденсаторов или резисторов.

Заказ № _____ от « _____ » _____ 2012. Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ