

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И. П. Матвеевко

ЭЛЕКТРОНИКА И ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию в области автоматизации технологических процессов, производств и управления в качестве учебно-методического пособия для студентов специальности 1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям) направления специальности 1-53 01 01-09 Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство)

Минск
БГАТУ
2017

УДК 621.38(07)
ББК 32.85
М33

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Электротехника и электроника» УО «Белорусский национальный
технический университет» *Ю. В. Бладыко*;
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
вычислительных методов и программирования
УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники» *Д. П. Кукин*

Матвеев, И. П.

М33 Электроника и основы микропроцессорной техники. Курсовое проектирование :
учебно-методическое пособие / И. П. Матвеев. – Минск : БГАТУ, 2017. – 88 с.
ISBN 978-985-519-844-5.

Издание содержит методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Электроника и основы микропроцессорной техники», основные требования к оформлению, образец выполнения курсовой работы с подробными рекомендациями, приложения, список литературы.

Предназначено для студентов высших учебных заведений.

УДК 621.38(07)
ББК 32.85

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Цели, задачи и тематика курсовых работ.....	5
Структура и содержание курсовой работы.....	6
Методические рекомендации по выполнению курсовой работы.....	10
Раздел 1.....	10
Раздел 2.....	16
Раздел 3.....	26
Требования к оформлению курсовой работы.....	31
Список использованных источников.....	36
Образец выполнения курсовой работы.....	38
Приложение А. Пример выполнения курсовой работы.....	39
Приложение Б. Основные правила работы с программой Micro-CAP.....	77
Приложение В. Справочная информация о типах, параметрах и маркировке активных и пассивных элементов схем.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электроника и основы микропроцессорной техники» является общеинженерной дисциплиной и относится к числу наиболее важных курсов для подготовки современных инженеров по автоматизации, как для промышленности, так и для сельского хозяйства.

Промышленная электроника, охватывая широкий круг научных, технических и производственных проблем, является базой для дальнейшего прогресса, в частности основой автоматизации многих областей промышленности, сельского хозяйства, транспорта и энергетики. Кроме того, будущие инженеры по автоматизации должны получать глубокие знания в областях современной микроэлектроники, аналоговой, цифровой и микропроцессорной техники, применения компьютеров для автоматизации различных промышленных устройств, включая энергообеспечение, транспорт, связь.

Целью дисциплины «Электроника и основы микропроцессорной техники» является изучение элементной базы и основ схемотехники электронных аналоговых и цифровых устройств, которые используются в современной промышленной электронике, а также принципов построения микропроцессоров, МП систем и технических средств связи. Таким образом, дисциплина формирует у студентов базу знаний в области электроники, дает основы для дальнейшего изучения и применения микропроцессорной техники и техники связи, а также формирует практические навыки работы инженера.

К задачам дисциплины относится ознакомление с современным состоянием, перспективами развития и областями применения средств электроники, микропроцессорной техники и технических средств связи; изучение методик исследования, расчета, анализа, моделирования, сравнения, оценки устройств аналоговой и цифровой техники, микропроцессорной техники и технических средств связи; закрепление современных методов поиска, обработки и использования информации.

Цели, задачи и тематика курсовых работ

Цель курсовой работы – практически закрепить знания теоретических разделов дисциплины за счет освоения пакета прикладных программ Micro-CAP для компьютерного моделирования электронных схем.

Задачи курсовой работы:

- освоить методы и приемы расчета, моделирования и конструкторской разработки специальных электронных схем и устройств;
- научиться пользоваться специальной литературой, справочными пособиями, реферативными журналами и другими библиографическими изданиями;
- подготовить студентов к дипломному проектированию.

Достижению этих целей способствует индивидуальный характер заданий к курсовой работе.

Тематика курсовых работ

«Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты с заданными параметрами (по вариантам), 2-полупериодного мостового выпрямителя с фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления по заданной логической функции (по вариантам)».

Варианты заданий приводятся в каждом разделе и выбираются в зависимости от предпоследней и последней цифр шифра зачетной книжки.

Структура и содержание курсового проекта (работы)

1 Структура курсового проекта (работы) должна включать следующие элементы (материалы приведены в порядке их расположения):

- титульный лист;
- задание;
- ведомость комплекта проектной документации (для курсовых проектов);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- текст пояснительной записки с иллюстративным материалом, таблицами, графиками и т. п.;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

2 Общий объем курсового проекта составляет 30–35 машинописных страниц (курсовой работы 25–30 страниц).

3 Объем графической части курсовых проектов составляет, как правило, 2 листа формата А1 (объем графической части курсовой работы может быть уменьшен).

4 Способ выполнения текстовых материалов – машинописный (основной) с применением выходных печатающих устройств ЭВМ – при этом рекомендуется, набирая текст в текстовом редакторе Word, использовать шрифты Times New Roman размером 14 pt (пунктов) с полуторным интервалом, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 1,25 см.

Структурные элементы курсового проекта (работы)

1 **Титульный лист** является первой страницей расчетно-пояснительной записки. Выполняется на бланке установленной формы. На титульном листе рамки не выполняются, штамп основной надписи не приводят.

2 **Задание на проектирование** является главным руководством, на основании которого разрабатывается проект. Задание выполняется на бланке установленного образца, который выдается руководителем курсового проекта (работы). Задание на КП (КР) утверждается заведующим кафедрой. При получении задания свою подпись на нем ставит студент.

Форма задания на курсовой проект (курсовую работу) приведена в [1].

3 **Ведомость** комплекта проектной документации (для курсовых проектов) является сводным перечнем всех материалов, разработанных при проектировании.

4 **Реферат** – это краткая характеристика выполненного проекта, предназначенная для предварительного ознакомления с проектом и отражающая основное содержание работы с точки зрения ее достоинств и достижения цели, поставленной в теме проекта.

Текст реферата пишется на стандартном листе, оформленном рамкой. Основную надпись на данном листе не помещают. Номер страницы не проставляют.

Заголовок «Реферат» пишется с прописной буквы и располагается на отдельной строке симметрично тексту. Объем реферата – не более одной страницы. Вначале указывают объем проектной документации: перечисляют общий объем текстовых материалов с выделением, в том числе, иллюстраций (эскизов, рисунков, таблиц и т. п.); указывают объем графической части проекта. Указывают количество использованных источников. Далее приводят ключевые слова. Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста расчетно-пояснительной записки, которые в наибольшей степени характеризуют содержание. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и записываются строчными буквами в строку через запятые после слов «Ключевые слова». Затем дают краткое содержание проекта (работы), отражающее цель работы, методы разработки, принятые решения, приводят итоговые результаты и основные показатели, указывают возможности внедрения основных результатов проекта.

Образец реферата приведен в [1].

5 **Содержание** предназначено для облегчения поиска необходимых материалов при чтении записки, а также для общего ознакомления с работой и представления об объемах всех разделов. Содержание начинает текстовую часть расчетно-пояснительной записки. Его размещают сразу после листа реферата с новой страницы и при необходимости продолжают на последующих листах. Слово «Содержание» пишут с прописной буквы посередине страницы. В содержании приводят порядковые номера и наименования разделов, подразделов и пунктов, имеющих наименование, а также приложения с их обозначениями и наименованиями. Указывается номер листа (страницы), на котором размещено начало материала (раздела, подраздела и т. п.). На первой странице содержания приводят основную надпись по форме, соответствующей основной надписи первого листа текстового материала. Пример оформления оглавления приведен в [1].

6 **Введение** характеризует современное содержание тех вопросов и проблем, которым посвящен курсовой проект (работа). Во введении нужно обосновать необходимость проведения именно этой работы, показать ее место в ряду

аналогичных работ, актуальность и новизну разрабатываемой темы, цель проекта и что ожидается получить в результате его выполнения.

7 Текст пояснительной записки. Содержание разделов расчетно-пояснительной записки определяется заданием на проектирование. Оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется в соответствии с [1].

8 Заключение должно отражать основные результаты работы, выводы и предложения.

9 Список использованных источников. Составление списка использованных источников является завершением курсового проекта (работы), основой для которого служат записи всех просмотренных и изученных книг, статей из сборников и журналов и других материалов.

Как правило, используется алфавитный способ группировки материала в списках, когда источники группируют в алфавитном порядке записей. В начале списка размещаются по алфавиту книги, а затем – статьи из журналов и сборников. При этом иностранные источники размещают по алфавиту после перечня всех источников на языке выполняемой работы.

Библиографический указатель использованной при выполнении УМП литературы дается на отдельной странице (страницах) под заголовком «Список использованных источников». Заголовок порядкового номера не имеет.

В список включают только те источники, на которые в тексте ПЗ имеется ссылка. Каждый источник, включенный в список, нумеруют арабскими цифрами с точкой и записывают с новой строки.

Примеры записи литературных источников приведены в [1].

10 Приложения. Материал, дополняющий текст документа, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, и т. д. Приложения оформляют как продолжение записки на последующих ее листах.

В тексте записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте записки.

Содержание курсовой работы

Курсовая работа выполняется по разделам в соответствии с технологией модульного обучения:

– первый раздел – при изучении модуля № 2 «Усилительные устройства и генераторы»;

– второй раздел – при изучении модуля № 3 «Преобразовательные устройства и устройства электропитания»;

– третий раздел – при изучении модуля № 4 «Импульсная и цифровая техника».

Содержание разделов курсовой работы:

1 Спроектировать, рассчитать и смоделировать на компьютере электронную схему низкочастотного усилителя на транзисторах, получить временные диаграммы, АЧХ и ФЧХ-усилителя.

2 Спроектировать, рассчитать и смоделировать на компьютере схемы однофазного выпрямителя, произвести расчет сглаживающего фильтра и получить временные диаграммы; а также расчет компенсационного стабилизатора напряжения для обеспечения заданного коэффициента стабилизации.

3 Спроектировать логическую схему на базовых элементах по заданной логической функции, произвести минимизацию функции с использованием карт Карно.

При выполнении курсовой работы следует использовать рекомендуемую литературу, а также информацию, приведенную в приложениях к данному учебно-методическому пособию.

В **приложении А** приведен пример выполнения курсовой работы.

В **приложении Б** приведены основные правила работы с пакетом прикладных программ Micro-CAP. Показано, как выбираются активные и пассивные элементы электронных схем, устанавливаются их параметры; каким образом можно получить временные диаграммы, а также амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики.

В **приложении В** приведена справочная информация о типах, параметрах и маркировке активных и пассивных элементов схем. Приведены примеры типов отечественных биполярных транзисторов и их зарубежных аналогов, а также основные параметры этих транзисторов. Даны ряды номинальных значений сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Раздел 1

1 Рассчитать усилитель напряжения низкой частоты (каскад предварительного усиления), работающего на входную цепь следующего каскада, выполненного на таком же транзисторе. Транзисторы включены по схеме с общим эмиттером и имеют эмиттерную стабилизацию точки покоя.

Выбрать типы резисторов и конденсаторов в соответствии с их номинальными значениями (Приложение В). Составить таблицу перечня элементов принципиальной электрической схемы, полученной в результате моделирования на компьютере (п. 2 задания). Уточнить параметры элементов схемы для получения заданного коэффициента усиления; подобрать номинальные значения сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов, указать их маркировку.

2 Смоделировать и исследовать рассчитанную схему на компьютере, уточнить параметры элементов схемы, получить временные диаграммы для входного и выходного напряжений (зависимость входного напряжения $U_{\text{вх}}$ от времени t и зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от времени t), амплитудно-частотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики с помощью программы Micro-CAP. По АЧХ определить значение нижней граничной частоты $f_{\text{н}}$. По ФЧХ определить угол сдвига фаз между входным и выходным напряжениями на частоте 100 Гц и 10 МГц.

3 На листе графической части формата А4 привести смоделированную схему усилителя напряжения низкой частоты с уточненными параметрами и таблицу перечня элементов принципиальной электрической схемы.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1, где последовательно приведены следующие параметры усилительного каскада:

1 Тип транзистора и его зарубежный аналог (жирным шрифтом выделены варианты с транзисторами *n-p-n*-типа, обычным шрифтом представлены варианты с транзисторами *p-n-p*-типа).

2 $U_{\text{вх}}$ – входное напряжение, В.

3 K_U – коэффициент усиления по напряжению.

4 $E_{\text{к}}$ – напряжение питания, В.

5 $f_{\text{н}}$ – нижняя граничная частота, Гц.

В результате расчета определить (рисунок 1):

1 Параметры элементов схемы: $R_{\text{к}}$, $R_{\text{э}}$, $R1$, $R2$.

2 Определить емкости разделительных конденсаторов $C1$, $C2$ и блокировочного конденсатора $C_{\text{э}}$.

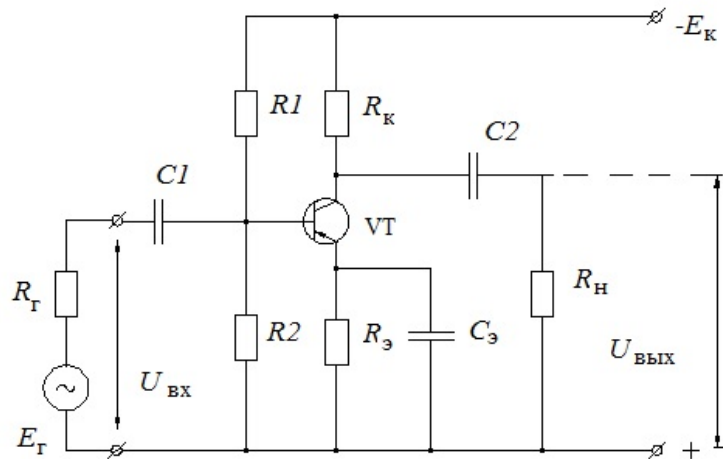


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема усилителя напряжения

При расчете усилителя целесообразно придерживаться следующей последовательности:

1 Для данного типа транзистора выбираем из справочника [7, 8, 9]:

$h_{21э}$ – статический коэффициент передачи тока для схемы с ОЭ в режиме малого сигнала;

$U_{кэ. max}$ – максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер.

Примеры типов транзисторов и их параметров приведены в приложении В. Здесь же приведены примеры зарубежных аналогов транзисторов и их параметры, которые необходимы при моделировании схемы усилителя. Если заданный тип транзистора отсутствует в этих таблицах, необходимо воспользоваться справочной литературой [7, 8, 9] или интернет-ресурсами. Кроме параметров транзисторов необходимо иметь входные $I_b = f(U_{бэ})$ и выходные $I_k = f(U_{кэ})$ характеристики заданного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером (ОЭ).

2 Производим выбор режима работы транзистора по постоянному току.

Находим амплитуду тока коллектора $I_{км}$. Для этого определяем:

– значение выходного напряжения:

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot K_U;$$

– сопротивление коллектора выбираем из условия:

$$R_k \approx (0,5 \div 2) \text{ кОм.}$$

Тогда амплитуда тока коллектора $I_{км} = U_{вых} / R_n$, где R_n – сопротивление на выходе усилительного каскада (сопротивление нагрузки или, по-другому, входное сопротивление следующего каскада);

Таблица 1 – Исходные данные к заданию № 1

Предпоследняя цифра шифра студента	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	КТ3117А (2N2221) 160 ; 2 10 ; 970	КТ313А (2N2906А) 120 ; 2 14 ; 500	КТ3102Д (2N2484) 200 ; 3,5 9 ; 650	КТ347Б (2N2894) 180 ; 2 11 ; 470	КТ313Б (2N2907Б) 140 ; 3,5 13 ; 210	КТ313А (2N2906) 160 ; 3 11 ; 790	КТ347Б (2N2894) 180 ; 2 11 ; 470	КТ313А (2N2906А) 140 ; 3,5 13 ; 210	КТ313А (2N2906) 160 ; 3 11 ; 790	КТ347Б (2N2894) 180 ; 2 11 ; 470
	КТ313Б (2N2907) 170 ; 3,5 12 ; 220	КТ345Б (2N3252) 180 ; 2 10 ; 210	КТ313Б (2N2907А) 150 ; 2 10 ; 530	КТ313Б (2N3011) 160 ; 2,5 14 ; 660	КТ345Б (2N3249) 150 ; 3,5 15 ; 740	КТ315Б (2N2907Б) 200 ; 2,5 11 ; 970	КТ313Б (2N2907) 160 ; 2,5 14 ; 660	КТ3117А (2N2221) 150 ; 3,5 15 ; 740	КТ313Б (2N2907А) 200 ; 2,5 11 ; 970	КТ315А (2N2907) 160 ; 2,5 14 ; 660
	КТ3102А (BC237А) 140 ; 2,5 9 ; 990	КТ3108Б (2N3251) 180 ; 2 12 ; 830	КТ3102Б (BC237Б) 200 ; 3,5 14 ; 200	КТ3108А (2N3250) 120 ; 2 15 ; 550	КТ3102А (BC238А) 170 ; 3,5 14 ; 160	КТ3108Б (2N3250А) 120 ; 3 14 ; 880	КТ3102А (BC237А) 120 ; 2 15 ; 550	КТ3108Б (2N3251) 170 ; 3,5 14 ; 160	КТ3117А (2N2221) 120 ; 3 14 ; 880	КТ3108А (2N3250) 120 ; 2 15 ; 550
	КТ632Б (2N3495) 130 ; 3,5 10 ; 630	КТ313Б (2N2907) 130 ; 2 13 ; 960	КТ363А (2N3546) 100 ; 2,5 9 ; 910	КТ375 (SF216С) 150 ; 2,5 15 ; 790	КТ345Б (2N3702) 120 ; 3 11 ; 280	КТ399А (SF216А) 130 ; 2,5 14 ; 150	КТ632Б (2N3495) 150 ; 2,5 15 ; 790	КТ3102Б (BC237А) 120 ; 3 11 ; 280	КТ363А (2N3546) 130 ; 2,5 14 ; 150	КТ3102А (BC317) 150 ; 2,5 15 ; 790
	КТ3117Б (2N2221) 180 ; 2 14 ; 960	КТ361Г (2N3905) 150 ; 2,5 9 ; 940	КТ3102Д (2N2484) 140 ; 3,5 12 ; 270	КТ932Б (2N3740) 120 ; 3 9 ; 580	КТ313Б (2N2907) 110 ; 2,5 14 ; 510	КТ932А (2N3741) 130 ; 3,5 10 ; 390	КТ375 (SF215С) 120 ; 3 9 ; 580	КТ361Г (2N3905) 110 ; 2,5 14 ; 510	КТ399А (SF216С) 130 ; 3,5 10 ; 390	КТ932Б (2N3740) 120 ; 3 9 ; 580
	КТ361Г (2N3906) 110 ; 2 11 ; 180	КТ3102А (BC237А) 160 ; 3,5 12 ; 270	КТ361Б (2N4125) 120 ; 2,5 12 ; 810	КТ3102Б (BC237А) 120 ; 3 13 ; 260	КТ3107Ж (2N4126) 170 ; 3,5 9 ; 210	КТ375 (SF215С) 160 ; 2,5 13 ; 290	КТ361Г (2N3906) 120 ; 3 13 ; 260	КТ3102А (BC237А) 170 ; 3,5 9 ; 210	КТ361Б (2N4125) 160 ; 2,5 13 ; 290	КТ315Г (BC546Б) 120 ; 3 13 ; 260
	КТ315Б (2SC594) 200 ; 2 10 ; 400	КТ816А (2N5193) 100 ; 2 9 ; 560	КТ3102А (BC237А) 150 ; 3 13 ; 910	КТ363А (2N4260) 110 ; 2,5 13 ; 760	КТ3102Б (BC237Б) 120 ; 2 11 ; 930	КТ363Б (2N4261) 120 ; 3 9 ; 130	КТ313А (2N2907) 110 ; 2,5 13 ; 760	КТ816А (2N5193) 120 ; 2 11 ; 930	КТ3102Б (BC237А) 120 ; 3 9 ; 130	КТ363А (2N4260) 110 ; 2,5 13 ; 760
	КТ816Б (2N5194) 190 ; 3,5 12 ; 610	КТ3117А (2N2221) 190 ; 2 12 ; 960	КТ816Г (2N5195) 100 ; 3,5 15 ; 780	КТ313Б (2N2907Б) 130 ; 3 13 ; 210	КТ350А (2N5226) 200 ; 2 10 ; 930	КТ3102А (BC238А) 160 ; 3 14 ; 270	КТ816Б (2N5194) 130 ; 3 13 ; 210	КТ345Б (2N3252) 200 ; 2 10 ; 930	КТ816Г (2N5195) 160 ; 3 14 ; 270	КТ375 (SF216С) 130 ; 3 13 ; 210
	КТ315Б (2SC594) 190 ; 3 10 ; 160	КТ818Г (2N6107) 120 ; 2 15 ; 420	КТ399А (SF216С) 180 ; 2,5 9 ; 280	КТ6116А (2N5401) 100 ; 3,5 11 ; 320	КТ375 (SF216С) 170 ; 2,5 10 ; 170	КТ363АМ (2N5771) 130 ; 2,5 12 ; 960	КТ3102А (BC237А) 100 ; 3,5 11 ; 320	КТ818Г (2N6107) 170 ; 2,5 10 ; 170	КТ3102Б (BC237А) 130 ; 2,5 12 ; 960	КТ6116А (2N5401) 100 ; 3,5 11 ; 320
	КТ818А (2N6111) 110 ; 3 13 ; 420	КТ3117С (2N2221) 110 ; 2 13 ; 380	КТ837Ф (2N6124) 150 ; 2 14 ; 850	КТ3102А (BC237А) 140 ; 2 12 ; 280	КТ837С (2N6125) 130 ; 3,5 9 ; 390	КТ340Б (2N835) 170 ; 3 14 ; 120	КТ818А (2N6111) 140 ; 2 12 ; 280	КТ368А (2N918) 130 ; 3,5 9 ; 390	КТ837Ф (2N6124) 170 ; 3 14 ; 120	КТ342Г (2N915) 140 ; 2 12 ; 280

При определении R_H исходим из условия:

$$R_K \gg R_H.$$

Определяем ориентировочно R_H :

$$R_H \approx 0,05 \cdot R_K.$$

3 Определяем постоянную составляющую тока коллектора:

$$I_{K0} \geq I_{K\text{н}} / k_3,$$

где k_3 – коэффициент запаса, не должен превышать (0,7...0,95), т. к. тогда могут возникнуть нелинейные искажения, при $k_3 < 0,7$ ухудшается к. п. д. каскада.

Значение $U_{KЭ0}$ принимаем равным типовому значению $U_{KЭ0} = -5$ В.

На выходных характеристиках отмечаем точку покоя П с координатами I_{K0} , $U_{KЭ0}$ и находим $I_{Б0}$. Эту точку П переносим на семейство входных характеристик и определяем при данных $I_{Б0}$ и $U_{KЭ0}$ значения напряжения база-эмиттер $U_{БЭ0}$. Если точка П не находится ни в одной из характеристик, следует изменить R_K и повторить пункты, начиная с п. 2.

4 Определяем входное сопротивление транзистора с ОЭ переменному току по входной характеристике транзистора. Для этого проводим касательную в рабочей точке (на семействе входных характеристик касательная проводится ближе к прямолинейному участку) и находим тангенс угла наклона в этой точке, т. е. $\Delta U_{БЭ}$ и $\Delta I_{Б}$.

Тогда

$$R_{ВХЭ} = \Delta U_{БЭ} / \Delta I_{Б}.$$

5 Определяем общее сопротивление коллекторной цепи постоянному току:

$$R_K + R_Э \approx (E_K - |U_{KЭ0}|) / I_{K0}.$$

6 Произведем расчет схемы УНЧ по переменному току:

– определяем коэффициент усиления каскада без отрицательной обратной связи (ООС):

$$K_{БЭЗ ООС} = h_{21Э} \cdot (R_H / R_{ВХЭ});$$

– коэффициент усиления каскада с отрицательной обратной связью (ООС):

$$K_{ООС} = K_U;$$

– коэффициент передачи цепи ОС усилителя с ООС:

$$\gamma = (K_{\text{без ООС}} - K_{\text{ООС}}) / (K_{\text{без ООС}} \cdot K_{\text{ООС}});$$

– определяем сопротивление, стоящее в цепи эмиттера и обеспечивающее ООС в усилителе:

$$R_3 = (\gamma \cdot R_n \cdot h_{213}) / (h_{213} + 1).$$

7 Уточняем сопротивление коллектора:

$$R_k = (R_k + R_3) - R_3.$$

8 Находим сопротивление резисторов в цепи базы:

$$R1 = (E_k - (I_{k0} + I_{60}) \cdot R_3) / I_{60},$$

$$R2 \approx R1.$$

9 Определяем емкость блокировочного конденсатора C_3 :

$$C_3 \geq \frac{h_{213}}{2\pi f_H (R_{\text{И}} + R_{\text{ВХ3}}) \sqrt{M_{C_3}^2 - 1}},$$

где $R_{\text{И}}$ – внутреннее сопротивление источника усиливаемого сигнала, которое определяется из формулы

$$\frac{1}{R_{\text{И}}} = \frac{1}{R_k} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}.$$

Коэффициент частотных искажений учитывает влияние блокировочного конденсатора на частотные искажения:

$$M_{C_3} = \sqrt{1,41} \approx 1,18.$$

10 Определяем емкости разделительных конденсаторов $C1$ и $C2$:

$$C2 \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_{\text{Н}} + R_k) \sqrt{M_{C_2}^2 - 1}};$$

$$M_{C2} = M_{C1} = \sqrt{1,18} \approx 1,09;$$

$$C1 \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_{вхэ} + R_{выхд}) \sqrt{M_{C1}^2 - 1}},$$

где $R_{выхд}$ – выходное сопротивление делителя. Если $R_{выхд}$ не известно, то обычно полагают $R_{выхд} = 0$, в этом случае $C1$ берут с некоторым запасом.

11 Общее входное сопротивление УНЧ:

$$R_{вх\ ус} = R_{вх\ э} + R_3(h_{21\ э} + 1).$$

12 Создать принципиальную электрическую схему усилителя с рассчитанными параметрами элементов с помощью программы Micro-CAP в соответствии с приложением Б.

Для схемы усилителя на биполярном транзисторе $p-n-p$ -типа полярность подключения источника питания – $V2$. Для схемы усилителя с транзистором $n-p-n$ -типа необходимо изменить полярность подключения источника питания $+V2$.

13 Уточнить параметры резисторов и конденсаторов в схеме, выбрав их в соответствии с номинальными значениями (Приложение В).

Скорректировать схему.

14 Распечатать принципиальную электрическую схему усилителя, ниже привести таблицу перечня элементов (уточненные параметры) принципиальной электрической схемы на листе графической части формата А4.

15 Получить временные диаграммы для входного и выходного напряжений (приложение Б).

16 Убедиться, что рассчитанный усилительный каскад усиливает входное напряжение $U_{вх}$ в соответствии с заданным коэффициентом K_U . Если K_U не совпадает с заданным значением, необходимо уточнить параметры элементов схемы.

17 Получить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) в двух вариантах:
– зависимость коэффициента усиления по напряжению $K_U = U_{вых}/U_{вх}$ от частоты f ;
– зависимость коэффициента усиления, выраженного в дБ, от частоты f и фазочастотную характеристику (ФЧХ) рассчитанного усилительного каскада (УК), как указано в приложении Б.

18 Распечатать с экрана компьютера в курсовую работу по заданию № 1:

– временные диаграммы для входного и выходного напряжений, на которых указать амплитудные значения этих напряжений;

– АЧХ с указанием нижней граничной частоты и ФЧХ с указанием угла сдвига фаз между входным и выходным напряжениями на частоте 100 Гц и 10 МГц.

Раздел 2

1 Рассчитать схему однофазного выпрямителя со сглаживающим фильтром (вид фильтра по вариантам указан в таблице 2).

Выбрать диоды для однофазного выпрямителя, работающего на нагрузку с сопротивлением R_n и постоянной составляющей выпрямленного напряжения U_n . Определить ток и напряжение вторичной обмотки трансформатора и мощность трансформатора, если известно входное напряжение U_l (таблица 2). Рассчитать параметры фильтра, который должен обеспечивать заданный коэффициент пульсаций p_2 . Частота питающей сети $f = 50$ Гц.

Составить таблицу перечня элементов принципиальной электрической схемы, полученной в результате моделирования на компьютере (п. 2 задания), указать их маркировку.

2 Смоделировать и исследовать рассчитанную схему на компьютере, уточнить параметры элементов схемы, получить временные диаграммы для входного и выходного напряжений (зависимость входного напряжения $U_{вх}$ от времени t и зависимость выходного напряжения $U_{вых}$ от времени t) схемы без фильтра и схемы с фильтром для обеспечения заданного коэффициента пульсаций p_2 .

3 Рассчитать схему компенсационного стабилизатора напряжения для обеспечения заданного коэффициента стабилизации (таблица 3), где $U_{вых}$ – выходное напряжение; $\pm \Delta U_{вых}$ – предельное отклонение выходного напряжения; I_n – ток нагрузки; $\Delta U_{вх}/U_{вх}$ – допустимые относительные изменения входного напряжения; $K_{ст}$ – коэффициент стабилизации.

4 На листе графической части формата А4 привести смоделированную схему однофазного выпрямителя со сглаживающим фильтром, таблицу перечня элементов принципиальной электрической схемы.

5 На листе графической части формата А4 привести смоделированную схему компенсационного стабилизатора, таблицу перечня элементов принципиальной электрической схемы.

Исходные данные приведены в таблице 2 (для расчета выпрямителя) и таблице 3 (для расчета компенсационного стабилизатора напряжения).

Таблица 2 – Исходные данные для расчета схемы выпрямителя

Параметры	Предпоследняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_n, \text{В}$	100	10	20	30	40	50	60	70	30	50
$U_l, \text{В}$	220	210	200	190	180	210	220	225	230	240

Окончание таблицы 2 – Исходные данные для расчета схемы выпрямителя

Параметры	Последняя цифра шифра студента									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_H, \text{Ом}$	500	75	1000	50	200	250	300	400	500	1000
p_2	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,006	0,005	0,004	0,003	0,02
Тип фильтра	C_ϕ	$R_\phi C_\phi$	C_ϕ	L_ϕ	C_ϕ	$L_\phi C_\phi$	$L_\phi C_\phi$	$C_{\phi 1} L_\phi C_{\phi 2}$	$C_{\phi 1} L_\phi C_{\phi 2}$	C_ϕ

Таблица 3 – Исходные данные для расчета стабилизатора напряжения

Последняя цифра шифра студента											
№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$U_{\text{вых}}, \text{В}$	100	10	20	30	40	50	60	70	30	50	
$\pm \Delta U_{\text{вых}}, \text{В}$	0,5	0,5	1	1	1	0,75	0,75	1	1,2	1,2	
Предпоследняя цифра шифра студента											
№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$I_H, \text{А}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	
$\Delta U_{\text{вх}}/U_{\text{вх}}$	10	10	15	15	20	20	5	5	10	10	
$K_{\text{ст.}} \geq$	50	60	70	80	90	100	150	200	250	100	

В результате расчета

Для однофазного мостового выпрямителя (рисунок 2):

- 1 Определить параметры элементов схемы $VD1$ - $VD4$ и выбрать по справочнику [7, 8, 9, интернет-ресурсы] диоды с номинальными значениями параметров и их зарубежные аналоги.
- 2 Выбрать входной трансформатор по расчетной мощности.
- 3 Рассчитать параметры сглаживающих фильтров для обеспечения заданного коэффициента пульсаций p_2 .

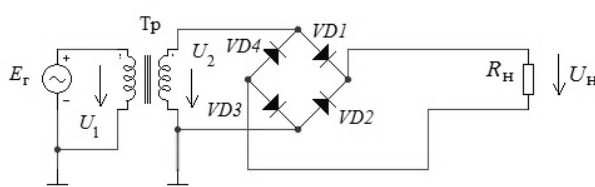


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема однофазного мостового выпрямителя напряжения без фильтра

Для компенсационного стабилизатора (рисунок 3):

- 1 Рассчитать параметры элементов схемы.
- 2 Выбрать типы используемых транзисторов, стабилитрона (по справочнику), резисторов и конденсаторов в соответствии с их номинальными значениями.

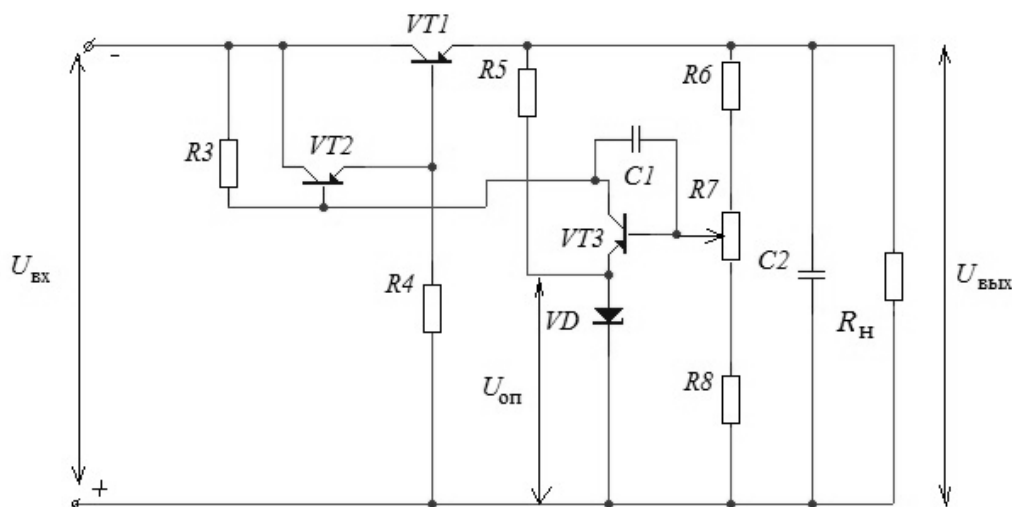


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема компенсационного стабилизатора напряжения

Для расчета выпрямителя:

- 1 Определить постоянную составляющую выпрямленного тока (ток нагрузки) I_H :

$$I_H = U_H / R_H.$$

- 2 Определить действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора U_2 , воспользовавшись таблицей 4, где указаны количественные соотношения напряжений, токов и мощностей для различных схем выпрямления:

$$U_2 = 1,11 \cdot U_H.$$

- 3 Определить действующее значение тока, протекающего через вторичную обмотку трансформатора:

$$I_2 = 1,11 \cdot I_H.$$

- 4 Максимальное значение обратного напряжения на закрытом диоде (таблица 4):

$$U_{\text{обр max}} = 1,57 \cdot U_H.$$

Таблица 4 – Количественные соотношения напряжений, токов и мощностей для различных схем выпрямления

Схема выпрямления	Соотношения для выбора				Коэффициент пульсаций
	диодов		трансформатора		
	$U_{\text{обрmax}}/U_{\text{н}}$	$I_{\text{д}}/I_{\text{н}}$	$U_2/U_{\text{н}}$	$P_{\text{т}}/P_{\text{н}}$	p_1
Однополупериодная ($m = 1$)	3,14	1	2,22	3-3,5	1,57
Однофазная мостовая ($m = 2$)	1,57	1/2	1,11	1,23	0,67
Двухполупериодная с нулевым выводом ($m = 2$)	3,14	1/2	1,11	1,23	0,67
Трехфазная мостовая	1,045	1/3	0,74	1,045	0,057
Трехфазная с нулевым выводом	2,09	1/3	0,855	1,34	0,25

5 Так как ток через диоды протекает полпериода, то среднее значение тока диода равно:

$$I_{пр} = 0,5 \cdot I_H.$$

6 Выбрать диоды по двум параметрам: $I_{пр}$ и $U_{обр.\max}$, которые должны быть не менее расчетных значений. Выбираем по справочнику [7, 8, 9].

7 Определить зарубежный аналог выбранного диода по справочнику [7, 8, 9, интернет-ресурсы]. Этот диод будет использоваться при моделировании схемы в Micro-CAP.

8 Для выбора типового трансформатора определить расчетную мощность трансформатора:

$$P_{Трасч} = 1,23 \cdot P_H.$$

$$P_{Тном} \geq P_{Трасч}$$

и коэффициент трансформации, который, с одной стороны, определяется как

$$n = U_1 / U_2$$

а, с другой стороны, как

$$n \approx \sqrt{\frac{L1}{L2}},$$

где $L1$ принимается равным 1 Гн. Тогда $L2$ будет определяться как

$$L2 = \frac{L1}{n^2}.$$

Коэффициент сцепления k , который необходимо указывать в параметрах выбранного трансформатора, будет лежать в пределах (0...1).

При выборе трансформатора в Micro-CAP при создании схемы в графе «Величина» указываются значения $L1$, $L2$, k .

9 Спроектировать принципиальную электрическую схему с помощью программы Micro-CAP в соответствии с Приложением Б и расчетными параметрами элементов; если выбранный зарубежный аналог отсутствует в списке диодов программы Micro-CAP, то следует выбрать ближайший по маркировке (можно воспользоваться отечественным диодом, если он есть в базе Micro-CAP).

10 Получить временные диаграммы для входного $U_{вх} = f(t)$ и выходного напряжений $U_{вых} = f(t)$ (приложение Б) схемы однофазного мостового выпрямителя без фильтра.

11 Распечатать с экрана компьютера временные диаграммы для входного и выходного напряжений схемы однофазного мостового выпрямителя без фильтра.

12 Рассчитать параметры сглаживающего П-образного $C_{ф1}L_{ф}C_{ф2}$ -фильтра.

Коэффициент пульсаций однофазного мостового выпрямителя без фильтра p_1 (таблица 4) равен

$$p_1 = 0,67.$$

Коэффициент пульсаций однофазного мостового выпрямителя с фильтром p_2 .

Коэффициент сглаживания фильтра q

$$q = p_1/p_2.$$

П-образный фильтр состоит из простого C -фильтра и L -образного LC -фильтра, коэффициент сглаживания которого определяется

$$q = q_c \cdot q_{LC}.$$

Принимаем емкость конденсаторов в составных фильтрах $C_{\phi 1} = C_{\phi 2} = 20 \text{ мкФ}$.

Тогда

$$q_c = 2\pi \cdot f \cdot m \cdot C_{\phi 1} \cdot R_H,$$

где m – число пульсаций выпрямленного напряжения за период (таблица 4).

Тогда коэффициент сглаживания LC -фильтра

$$q_{LC} = \frac{q}{q_c}.$$

Для LC -фильтра

$$L_{\phi} C_{\phi 2} = \frac{q_{LC}}{(2\pi \cdot f \cdot m)^2}.$$

При известном $C_{\phi 2} = 20 \text{ мкФ}$

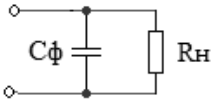
$$L_{\phi} = \frac{L_{\phi} \cdot C_{\phi 2}}{C_{\phi 2}}.$$

13 Распечатать с экрана компьютера временные диаграммы для входного и выходного напряжений схемы однофазного мостового выпрямителя с фильтром.

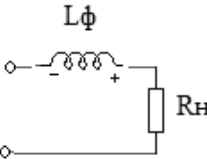
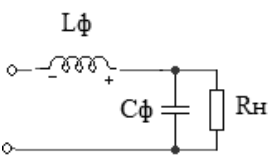
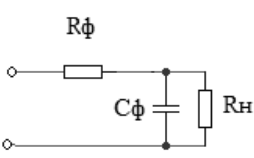
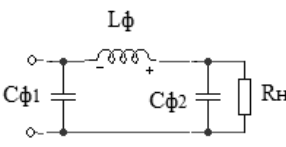
14 Распечатать принципиальную электрическую схему однофазного мостового выпрямителя с фильтром, ниже привести таблицу перечня элементов (уточненные параметры) принципиальной электрической схемы на листе графической части формата А4.

15 При расчете других типов фильтров необходимо воспользоваться таблицей 5.

Таблица 5 – Параметры сглаживающих фильтров

Тип фильтра	Коэффициент сглаживания	Условия эффективной работы
Емкостной 	$q_c = m \cdot \omega \cdot R_H \cdot C_{\phi},$ где m – число пульсаций выпрямленного напряжения; $\omega = 2\pi f$	$\frac{1}{m \cdot \omega \cdot C_{\phi}} \gg R_H$

Окончание таблицы 5 – Параметры сглаживающих фильтров

Тип фильтра	Коэффициент сглаживания	Условия эффективной работы
Индуктивный 	$q_L = \frac{m \cdot \omega \cdot L_\phi}{R_H}$	$m \cdot \omega \cdot L_\phi \ll R_H$
Г-образный LC-фильтр 	$q_\Gamma = q_L \cdot q_C =$ $= m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_\phi \cdot C_\phi$	$m \cdot \omega \cdot L_\phi \geq (5 \dots 10) \cdot R_H$ $\frac{1}{m \cdot \omega \cdot C_\phi} \leq (0,1 \dots 0,2) \cdot R_H$
Г-образный RC-фильтр 	$q_{RC} = m \cdot \omega \cdot C_\phi \times$ $\times \frac{R_H \cdot R_\phi}{R_H + R_\phi}$	$\frac{1}{m \cdot \omega \cdot C_\phi} \ll R_\phi$ $\frac{U_H}{U_d} = \frac{R_H}{R_H + R_\phi} = 0,5 \dots 0,9$
П-образный LC-фильтр 	$q_\Pi = q_\Gamma \cdot q_{C_{\phi 1}}$	$C_{\phi 2} = (1 \dots 2) \cdot C_{\phi 1}$ $q_\Gamma = \frac{q_\Pi}{q_{C_{\phi 1}}}$

В составных фильтрах при расчетах принять значение $C_\phi = 20$ мкФ.

Для расчета стабилизатора:

1 Выбрать тип регулирующего транзистора $VT1$ и его режима:

$$U_{вх\min} = U_{вых} + \Delta U_{вых} + |U_{КЭ\min}|,$$

где $|U_{КЭ\min}|$ – минимальное напряжение между коллектором и эмиттером транзистора $VT1$, при котором его работа не заходит в область насыщения.

Для мощных транзисторов, которые используются в качестве регулирующего элемента, $|U_{КЭ\min}| = 1 \div 3$ В. При расчете принимают. $|U_{КЭ\min}| = 3$ В.

Так как допустимые относительные изменения входного напряжения (по заданию) $\Delta U_{вх}/U_{вх} = 10\%$, то номинальное значение входного напряжения

$U_{BX} = 1,1 \cdot U_{BX \min}$, а максимальное значение входного напряжения $U_{BX \max} = 1,1 \cdot U_{BX}$.

Найти $U_{KЭ1\max}$ и максимальную мощность, рассеиваемую на регулирующем транзисторе $P_{K\max}$:

$$|U_{KЭ1\max}| = U_{BX \max} - U_{ВЫХ \min}, \text{ где } U_{ВЫХ \min} = U_{ВЫХ} - \Delta U_{ВЫХ};$$

$$P_{K\max} = |U_{KЭ1\max}| \cdot I_H.$$

Выбираем по справочнику [7] транзистор, для которого значения $P_{K\max}$ и $U_{KЭ1\max}$ должны быть больше или равны расчетным, а также указываем справочные значения $I_{K\max}$ и $h_{21Э}$.

2 Выбор типа согласующего транзистора VT2 и его режима.

Коллекторный ток транзистора VT2:

$$I_{K2} \approx I_{Э2} = I_{B1} + I_{R4} = \frac{I_{K1}}{h_{21Э}} + I_{R4} = \frac{I_H}{h_{21Э}} + I_{R4},$$

$$\text{т. к. } I_B = \frac{I_K}{h_{21}}, \text{ и } I_{K1} = I_H,$$

где I_{R4} – дополнительный ток, протекающий через резистор R4. Для маломощных транзисторов, используемых в качестве согласующего элемента, дополнительный ток выбирают в пределах 1 – 2 мА.

Определяем максимальные значения напряжения $U_{KЭ2 \max}$ и мощности P_{K2} согласующего транзистора VT2:

$$|U_{KЭ2\max}| \approx |U_{KЭ1\max}|;$$

$$P_K = I_{K2} \cdot |U_{KЭ2\max}|.$$

Выбираем по справочнику транзистор, для которого параметры $I_{K\max}$, $|U_{KЭ2\max}|$, P_K должны быть больше или равны расчетным, а также указываем справочное значение $h_{21Э}$.

3 Рассчитываем сопротивление резистора R4:

$$R4 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{I_{R4}}.$$

4 Выбор усилительного транзистора $VT3$ и его режима.

В качестве усилительного транзистора используют маломощные транзисторы. Обычно из технологических соображений транзисторы $VT2$, $VT3$ выбирают одного типа.

Задаемся напряжением $|U_{KЭ3}| \leq |U_{KЭ \max}|$.

Определяем опорное напряжение:

$$U_{\text{оп}} = U_{\text{ВЫХ}} - |U_{KЭ3}|.$$

Выбираем стабилитрон (по справочнику) с близким к расчетному опорным напряжением ($U_{\text{ст}}$ и $I_{\text{ст}}$).

5 Определяем значение ограничивающего сопротивления $R5$:

$$R5 = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{оп}}}{I_{\text{ст}} - I_{Э3}},$$

$I_{Э3} \approx I_{K3}$, а I_{K3} выбирают в пределах 1...1,5 мА.

Из уравнения Кирхгофа $U_{ЭБ1} + U_{ЭБ2} + U_{R3} - |U_{KЭ1}| = 0$.

С учетом того, что $U_{ЭБ1}, U_{ЭБ2} \approx 0$, получаем $U_{R3} \approx |U_{KЭ1}|$. Тогда в соответствии с принципиальной электрической схемой (рисунок 2.2) можем найти сопротивление $R3$:

$$R3 = \frac{U_{R3}}{I_{R3}} \approx \frac{|U_{KЭ1}|}{I_{K3} + I_{Б2}},$$

где $I_{K3} \approx I_{Э3} = 1 \text{ мА}$, т. к. I_{K3} выбирают в пределах 1...1,5 мА, а $I_{Б2} = \frac{I_{K2}}{h_{21Э}}$.

6 Расчет делителей напряжения.

По схеме (рисунок 2.2) видно, что $U_{\text{оп}} \approx (R8 + 0,5R7) \cdot I_{\text{дел}}$, где $I_{\text{дел}}$ – ток, протекающий через делитель $R6$, $R7$, $R8$.

$$\text{Получаем } R7 = \frac{U_{\text{оп}} - I_{\text{дел}} \cdot R8}{0,5I_{\text{дел}}}.$$

Выбираем $I_{\text{дел}}$ из условия: $I_{\text{дел}} > (5 \div 10) I_{Б3}$.

Примем $I_{\text{дел}} = 20 \cdot I_{\text{БЗ}} = \frac{20I_{\text{КЗ}}}{h_{21Э}}$.

Зададимся значением $R8$, тогда можно определить $R7$.

По схеме (рисунок 2.2) для контура $R6$, $0,5R7$ и R_n можно записать выражение $I_{\text{дел}} (R6 + 0,5R7) \approx U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{оп}}$, откуда находим:

$$R6 = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{оп}} - 0,5 \cdot I_{\text{дел}} \cdot R7}{I_{\text{дел}}}.$$

7 Выбор конденсаторов:

- емкость конденсатора $C1$, включаемого для предотвращения возбуждения стабилизатора, подбирают экспериментально, $C1 \leq 0,5 \dots 1$ мкФ;
- емкость конденсатора $C2$, включение которого приводит к незначительному уменьшению пульсаций выходного напряжения и уменьшению выходного сопротивления стабилизатора переменному току, выбирают в пределах $1000 \dots 2000$ мкФ.

8 Определяем коэффициент стабилизации напряжения:

$$K_{\text{ст}} = K_{\text{дел}} \cdot K_3 \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}},$$

где $K_{\text{дел}} = \frac{U_{\text{оп}}}{U_{\text{ВЫХ}}}$ – коэффициент деления напряжения делителя $R6$, $R7$, $R8$;

$$K_3 = \left(\frac{h_{21Э3}}{h_{11Э3}} \right) \cdot R3,$$

где $h_{11Э}$ – входное сопротивление транзистора $VT3$ (справочные данные).

Если значение $K_{\text{ст}}$ окажется недостаточным, то следует выбрать из предлагаемого диапазона большее значение $h_{21Э}$, либо транзисторы $VT2$ и $VT3$ с большим коэффициентом усиления тока $h_{21Э}$, если значения из диапазона не удовлетворяют требованиям.

Раздел 3

1 Спроектировать логическую схему управления по заданной логической функции, т. е. необходимо разработать логическое устройство на основе заданных логических элементов, которое имеет четыре входных датчика, выходные сигналы которых являются двоичными (X_1, X_2, X_3, X_4 либо X_3, X_4, X_5, X_6), и два выхода (Y_1, Y_2 либо Y_3, Y_4), к которым подключаются исполнительные механизмы. Включение исполнительных механизмов осуществляется при наличии единичного сигнала на соответствующем выходе только при определенной комбинации значений сигналов на входных датчиках. Для этого:

- преобразовать заданные десятичные числа в четырехразрядные двоичные коды (недостающие разряды заполнить нулями);
 - составить таблицу истинности для каждого выхода, в которой единице должны соответствовать только заданные наборы параметров;
 - записать логическое уравнение и упростить его с помощью карт Карно.
- Преобразовать полученное уравнение в соответствии с типом заданных логических элементов.

2 Смоделировать логическую схему управления на компьютере с использованием программы Micro-CAP (см. Приложение Б), проверить ее работу, подав на входы заданные наборы параметров.

3 На листе графической части формата А4 привести смоделированную логическую схему управления.

Варианты заданий приведены в таблице 6.

Значения входных сигналов датчиков и выходных сигналов логической схемы управления выбираются по номеру в журнале преподавателя.

Таблица 6 – Варианты заданий для проектирования логической схемы управления

Вариант	Входные переменные						Выходные переменные			
№ п/п	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	1; 5	0; 6	1; 8	0; 9	1; 7	0; 5	0; 2	3; 4	2; 6	1; 7
2	3; 7	4; 5	0; 8	2; 6	4; 7	1; 6	1; 4	2; 0	7; 3	2; 9
3	7; 8	9; 10	1; 8	5; 10	6; 9	3; 4	11; 12	1; 7	13; 8	6; 12
4	2; 3	8; 9	12; 8	5; 10	4; 13	2; 10	4; 5	14; 9	1; 7	3; 15
5	1; 8	3; 12	15; 2	2; 14	4; 15	1; 12	13; 15	12; 10	6; 8	11; 6
6	14; 13	2; 7	5; 3	12; 4	5; 13	11; 15	1; 11	8; 1	2; 14	10; 7
7	12; 2	15; 1	11; 2	13; 3	5; 11	6; 14	12; 14	2; 9	13; 15	3; 10
8	14; 4	1; 2	13; 5	1; 14	12; 4	7; 9	15; 9	3; 9	12; 9	2; 10

Окончание таблицы 6 – Варианты заданий для проектирования логической схемы управления

Вариант	Входные переменные						Выходные переменные			
№ п/п	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1	Y2	Y3	Y4
9	13; 5	2; 3	12; 7	1; 3	15; 6	10; 7	14;15	8; 10	15; 9	5; 11
10	14; 5	3; 4	11; 9	10; 7	2; 11	12; 6	15; 0	2; 9	13; 7	1; 14
11	5; 7	11; 0	14; 4	11, 1	2; 9	13; 9	1; 14	5; 15	3; 10	7; 13
12	11; 7	13; 4	14; 0	5; 15	9; 12	14; 2	4; 10	15; 6	11; 1	9; 12
13	10; 2	9; 1	15; 8	3; 11	10;12	2; 13	3; 14	4; 15	10; 5	1; 2
14	15; 1	3; 13	7; 9	5; 9	11; 2	15; 2	10;11	4; 9	12;13	6; 7
15	2; 9	12; 8	5; 14	0; 14	13;10	9; 12	2; 3	11;10	4; 5	9; 14
16	9; 0	1; 12	10; 7	13; 0	2; 14	11; 3	13;14	8; 9	12;15	5; 0
17	8;10	2; 10	9; 15	7; 11	3; 12	7; 14	1; 2	0; 13	3; 4	10; 0
18	4; 9	12; 13	2; 10	13; 5	15; 9	5; 11	11; 7	1; 14	12; 2	9; 0
19	6; 8	1; 3	9; 12	0; 5	15;12	7; 8	0; 2	11; 3	3; 4	11; 12
20	7; 0	2; 15	9; 13	0; 8	3; 14	10;12	3; 6	12; 2	4; 9	11;15
21	3; 11	2; 13	1; 2	3; 13	14; 4	7; 9	12; 2	2; 10	13; 5	10; 7
22	4; 15	9; 12	11; 1	15; 1	10; 7	14;15	5; 15	8; 10	1; 14	4; 9
23	13; 0	10;11	4; 9	2; 9	0; 12	8; 10	2; 9	14; 0	3; 15	13; 2
24	13; 0	2; 11	7; 14	7; 1	10;11	2; 14	1; 12	5; 8	10; 13	9; 15
25	10; 0	12; 7	11; 14	9; 2	13; 12	7; 8	11; 2	5; 9	15; 13	12; 10

Основные теоретические положения алгебры логики.

Аксиомы в случае одной переменной:

$$1) x + 0 = x.$$

$$6) x \times 0 = 0.$$

$$2) x + 1 = 1.$$

$$7) x \times 1 = x.$$

$$3) x + x = x.$$

$$8) x \times x = x.$$

$$4) x + \bar{x} = 1.$$

$$9) x \times \bar{x} = 0.$$

$$5) \overline{\overline{x}} = x.$$

$$10) \overline{\overline{x}} = x.$$

Основные законы алгебры логики:

1 Переместительный закон для логического сложения и умножения:

$$x + y = y + x;$$

$$x \cdot y = y \cdot x.$$

2 Сочетательный закон для логического сложения и умножения:

$$x + y + z = (x + y) + z = x + (y + z);$$

$$x \cdot y \cdot z = (x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z).$$

3 Распределительный закон для логического сложения и умножения:

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z.$$

4 Законы инверсии (теоремы де Моргана) для логического сложения и умножения:

$$\overline{x + y + z} = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z};$$

$$\overline{x \cdot y \cdot z} = \bar{x} + \bar{y} + \bar{z}.$$

Основные тождества алгебры логики:

$$1) x \cdot y + x \cdot \bar{y} = x.$$

$$4) x \cdot (\bar{x} + y) = x \cdot y.$$

$$2) x + x \cdot y = x.$$

$$5) (x + y) \cdot (x + z) = x + y \cdot z.$$

$$3) x \cdot (x + y) = x.$$

$$6) x \cdot \bar{y} + y = x + y.$$

Логическая функция может быть записана аналитически различными сочетаниями операций сложения и умножения переменных. Однако с точки зрения представления логической функции и последующего синтеза логической схемы наиболее удобны формы записи, при которых функция выражается либо в виде суммы произведений переменных, либо в виде произведений их сумм. В первом случае запись логической функции называют дизъюнктивной нормальной формой (ДНФ), во втором случае конъюнктивной нормальной формой (КНФ).

Вместе с тем имеется только один вид ДНФ и КНФ, в которых функция может быть записана единственным образом – это совершенные нормальные формы. СДНФ, в которых каждое слагаемое включает все переменные и нет одинаковых слагаемых, и СКНФ, в которой каждый сомножитель включает все переменные и нет одинаковых сомножителей.

Для выполнения раздела № 3:

1 Перевести десятичные значения входных и выходных сигналов в двоичные сигналы и записать их в таблицу.

2 Определить, для какой комбинации входных сигналов, выходной сигнал равен 1 (соответственно для выхода Y1 и выхода Y2).

3 Составить таблицу истинности для каждого выхода.

4 По данным таблиц истинности записать логическую функцию для выхода Y_1 и выхода Y_2 , при этом $X = 1, \overline{X} = 0$, т. е. переменные входят в произведение в прямом виде, если их значения в строке при $Y=1$ тоже равны 1, и в инверсном виде, если их значения равны 0.

5 Произвести минимизацию (упрощение формы записи) функций с использованием карты Карно.

Карта Карно представляет собой графическое изображение значений всех возможных комбинаций переменных. Каждый минтерм изображается в виде клетки. Минтерм – это произведение (конъюнкция) всех переменных, составляющих строки. Карта образуется путем такого расположения клеток, при котором минтермы соседних клеток отличаются только значением одной переменной. Символ «1» характеризует прямое значение переменной, а символ «0» – ее инверсное значение.

Минтермы минимизируемой функции отмечают единицами в соответствующих клетках карты. Минтермы, не входящие в функцию, отмечают нулями или оставляют пустыми. Два минтерма, находящиеся в соседних клетках, могут быть заменены одним логическим произведением, содержащим на одну переменную меньше.

Перечислим общие правила минимизации.

1) Изображают карту Карно для n переменных и производят разметку ее строк и столбцов. В клетки таблицы, соответствующие минтермам (единичным наборам) минимизируемой функции, записывают единицу.

2) Склеиванию подлежат прямоугольные конфигурации, заполненные единицами и содержащие 2, 4 или 8 клеток. Верхние и нижние строки, крайние левые и правые столбцы карты как бы склеиваются, образуя поверхность цилиндра.

3) Множество прямоугольников, покрывающих все единицы, называется покрытием. Чем меньше прямоугольников и чем больше клеток в прямоугольниках, тем лучше покрытие. Из нескольких вариантов выбирают тот, у которого меньше коэффициент покрытия $z = r/s$, где r – общее число прямоугольников, s – их суммарная площадь в клетках.

4) Формулы, полученные в результате минимизации, содержат r элементарных конъюнкций (по числу прямоугольников в покрытии). Каждая конъюнкция содержит только те переменные, которые не меняют своего значения в склеиваемых наборах в соответствующем прямоугольнике. Число переменных в конъюнкции называется ее рангом. При склеивании двух соседних клеток получают ранг конъюнкции – 1, четырех клеток – 2, восьми клеток – 3 и т. д.

Для трех переменных карта Карно будет выглядеть, как показано на рисунке 4.

		X1 X2			
		00	01	11	10
X3	0				
	1				

Рисунок 4 – Карта Карно для трех переменных

Для минимизации функции по четырем переменным карта Карно будет выглядеть следующим образом (рисунок 5):

		X1 X2			
		00	01	11	10
X3 X4	00				
	01				
	11				
	10				

Рисунок 5 – Карта Карно для четырех переменных

Выходные сигналы, равные единице, проставляются на пересечении комбинаций сигналов $X1$, $X2$, $X3$, $X4$.

Затем записывается упрощенное значение $Y1$ и $Y2$.

6 Построить логическую схему управления только на элементах И-НЕ, воспользовавшись теоремой де Моргана.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Оформление листов пояснительной записки

1 Текстовые материалы ПЗ выполняются на листах белой машинописной бумаги, оформленных рамками в соответствии с рисунком 6.

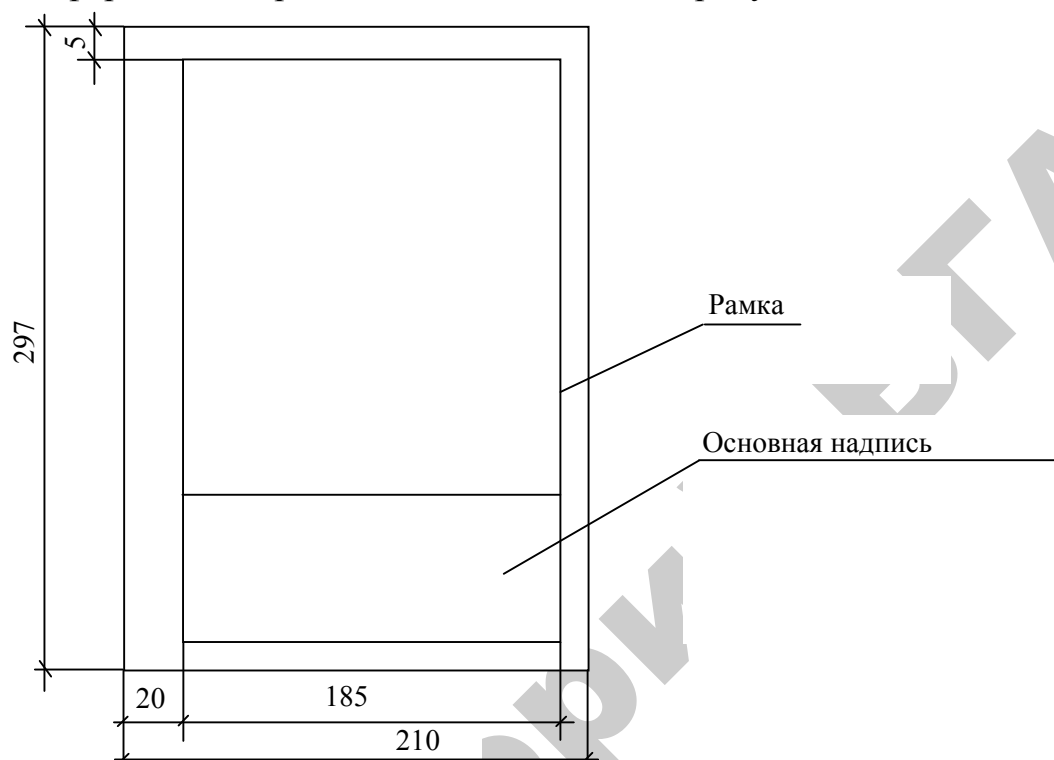


Рисунок 6 – Компонировка и размеры листа текстовой части ПЗ

2 Основная надпись на листах пояснительной записки выполняется в соответствии с рисунком 7.

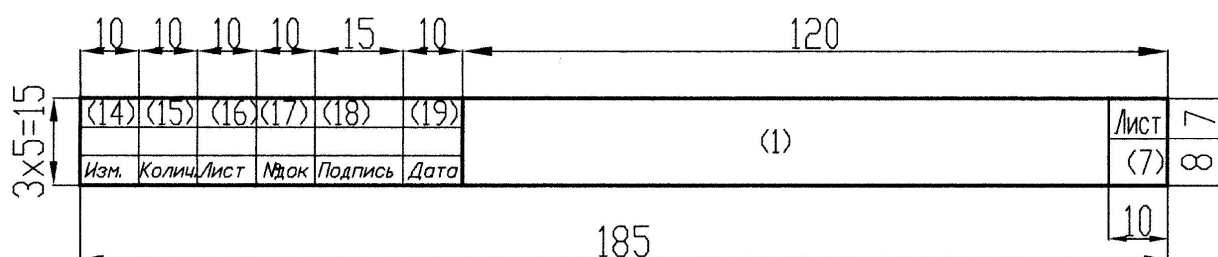


Рисунок 7 – Форма основной надписи для листов ПЗ

3 Листы записки и приложений имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Титульному листу, заданию на проектирование, реферату номера присваивают, но не проставляют. Номера страниц начинают проставлять с листа «Содержание».

4 Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы и т. п.), расположенные на

отдельных листах записки, включают в общую нумерацию страниц. При этом лист, формат которого больше формата А4, учитывают как одну страницу.

Правила построения текстового материала

1 Текстовый материал ПЗ подразделяют на разделы, подразделы, пункты.

Разделам присваивают порядковые номера, которые обозначают арабскими цифрами без точки и записывают с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенные точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

2 Разделы и подразделы и при необходимости пункты должны иметь заголовки. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов, пунктов. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Заголовки подразделов (пунктов) не должны повторять содержание заголовков разделов (подразделов).

Заголовок записывается с прописной буквы. Точка в конце не ставится. Заголовки не подчеркиваются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

3 Каждый раздел ПЗ следует начинать с новой страницы.

Формулы

1 В пояснительной записке математические формулы могут быть расположены внутри текста или отдельными строками. Внутри текста помещают не сложные и не дробные формулы. Такие формулы, как правило, не нумеруют.

На отдельных строках приводят более сложные формулы, которые обычно сопровождаются пояснениями примененных символов. При этом выше и ниже формулы необходимо оставлять по одной свободной от записи строке.

2 Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

3 Если формула не помещается в одну строку, то делается перенос. Переносить формулу на следующую строку допускается только на знаках выполнения операций: плюс (+), минус (–), умножение (×) или на знаках равенства (=), неравенства ($\neq$), знаках соотношений и т. п.

4 Все формулы, помещенные в тексте ПЗ, нумеруют арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа от нее в круглых скобках.

5 Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и номера формулы, разделенные точкой, например (3.1).

Пример. Номинальный ток асинхронного электродвигателя I_H , А определяется по формуле

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3}U_H \cos \varphi_H \eta_H}, \quad (1)$$

где P_H – номинальная мощность, кВт;

U_H – номинальное напряжение, кВ;

$\cos \varphi_H$ – коэффициент мощности, о. е.;

η_H – КПД электродвигателя, о. е.

Таблицы

1 Название таблицы должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Название следует размещать над таблицей после слова «Таблица».

При переносе части таблицы на другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

2 Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенные точкой.

3 На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. При ссылке необходимо писать слово «таблица» с указанием ее номера.

4 Заголовки граф и строк в таблице следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Оформление проектной документации

1 **Проектной документации** присваивают обозначение, состоящее из базового цифрового обозначения, и через дефис – буквенного обозначения (см. структуру обозначения).

Структура базового обозначения при курсовом проектировании:

$X_1X_2.X_3X_4.X_5X_6X_7.X_8X_9 - X_{10}X_{11}X_{12}$,

где X_1X_2 – индекс работы: 02 – курсовой проект, 03 – курсовая работа;

X_3X_4 – индекс кафедры;

$X_5X_6X_7$ – номер варианта по заданию;

X_8X_9 – год разработки (две последние цифры года);

$X_{10}X_{11}X_{12}$ – для текстовых материалов – ПЗ, для графических материалов – марка разрабатываемого чертежа.

Примечание. Индексы кафедр:

АСУП – 49; ЭСХП – 43; электроснабжения сельскохозяйственного производства – 53; электротехнологии – 68; энергетики – 58; ППС – 24; электротехники – 45.

2 Основные надписи

Применение тех или иных форм основных надписей определяется назначением чертежа и материалом, помещенным на разрабатываемом чертеже:

1) форма рисунка 8 – для чертежей генпланов с инженерными сетями, планов зданий и сооружений с размещением оборудования, чертежей схем электрических, технологических и т. п.;

2) форма рисунка 9 – для первого листа ПЗ, с которого начинается изложение текстовой части;

Figure 8 shows the layout of the main title block for graphical parts and sheets of the project documentation. The overall dimensions are 185 units wide and 11*5=55 units high. The layout is divided into several sections:

- Top Section:** A header row with dimensions 10, 10, 10, 10, 15, 10.
- Left Section:** A vertical column with dimensions 10, 10, 10, 10, 15, 10.
- Right Section:** A vertical column with dimensions 15, 15, 20.
- Bottom Section:** A horizontal row with dimensions 15, 15, 20.
- Center Section:** A large area for the main title and content, divided into four horizontal sections labeled (1), (2), (3), and (4).
- Bottom Right Section:** A small area for the sheet number, labeled (9).

The bottom right section is further divided into three sub-sections: Стадия (6), Лист (7), and Листов (8).

Рисунок 8 – Форма основной надписи, которая применяется для листов графической части и листа ведомости комплекта проектной документации

Figure 9 shows the layout of the main title block for the first sheet of the project documentation. The overall dimensions are 185 units wide and 8*5=40 units high. The layout is divided into several sections:

- Top Section:** A header row with dimensions 10, 10, 10, 10, 15, 10.
- Left Section:** A vertical column with dimensions 10, 10, 10, 10, 15, 10.
- Right Section:** A vertical column with dimensions 15, 15, 20.
- Bottom Section:** A horizontal row with dimensions 15, 15, 20.
- Center Section:** A large area for the main title and content, divided into four horizontal sections labeled (1), (2), (3), and (4).
- Bottom Right Section:** A small area for the sheet number, labeled (9).

The bottom right section is further divided into three sub-sections: Стадия (6), Лист (7), and Листов (8).

Рисунок 9 – Форма основной надписи, которая применяется для листа ПЗ, с которой начинается изложение текстовой части записки (обычно лист «Содержание»)

Указания о заполнении основной надписи

В графах основной надписи (на рисунках 2, 3, 4 номера граф показаны в скобках) указывают:

- а) в графе 1 – обозначение проектной документации – маркировка документа:
 - базовое обозначение;
 - добавляемая через дефис марка разрабатываемых чертежей;

б) в графе 2 – тему курсового проекта (работы);

в) в графе 3 – наименование здания (сооружения). Для чертежа генерального плана в графе 3 записывают наименование соответствующего раздела, например, «электроснабжение», «теплоснабжение» или «диспетчеризация», «диспетчерское управление»;

г) в графе 4 – наименование изображения или материала, помещенного на данном листе, т. е. название чертежа, листа. Если на листе приведены несколько материалов (например, план здания, разрез II–II, экспликация, перечень элементов, сечение «А–А» и т. п.), то в название чертежа включают основные материалы, второстепенные – опускают;

д) в графе 5 – наименование документа аналогично графе 4 (обычно – «Пояснительная записка»);

е) в графе 6 – условное обозначение стадии проектирования: «С» (строительный проект);

ж) в графе 7 – порядковый номер листа. На документе, состоящем из одного листа, графу не заполняют;

з) в графе 8 – общее число листов документа;

и) в графе 9 на первой строке записывают наименование организации, разработавшей документ (БГАТУ), на второй строке – шифр зачетки студента;

к) в графе 10 – характер работы: «разработал» (студент); в следующей строке – «руководитель», далее – «консультант», «нормоконтролер», «зав. кафедрой»;

л) в графе 11 – фамилии студента, руководителя, консультанта(ов), нормоконтролера, зав. кафедрой в соответствующих строках;

м) в графе 12 – подписи;

н) в графе 13 – даты.

Графы 14–19 в дипломных и курсовых проектах не заполняются.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гурин, В. В. Общие требования к организации и оформлению дипломных и курсовых проектов (работ) / В. В. Гурин [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 139 с.
2. Бладыко, Ю. В. Сборник задач по электротехнике и электронике : учеб. пособие / Ю. В. Бладыко [и др.]; под общ. ред. Ю. В. Бладыко. – Минск: Высшая школа, 2012. – 478 с.
3. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – М. : Высшая школа, 2013. – 800 с.
4. Чубриков, Л. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник / Л. Г. Чубриков; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 354 с.
5. Матвееenko, И. П. Основы электроники и микропроцессорной техники : учебно-методический комплекс / И. П. Матвееenko. – Минск, 2009. – 324 с.
6. Лачин, В. И. Электроника / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. 7-е издание. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 704 с.
7. Аксенов, А. И. Отечественные полупроводниковые приборы : справочное пособие / А. И. Аксенов, А. В. Нефедов. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2005. – 583 с.
8. Галкин, В. И. Полупроводниковые приборы: Транзисторы широкого применения : справочник / В. И. Галкин, А. Л. Булычев. – Мн. : Беларусь, 1995. – 383 с.
9. Галкин, В. И. Полупроводниковые приборы : справочник / В. И. Галкин. – Мн. : Беларусь, 1987. – 321 с.
10. Разевиг, В. Д. Система схемотехнического проектирования Micro-CAP V/ В. Д. Разевиг. – М.: «СОЛОН», 1997. – 273 с.
11. Бобровников, Л. З. Электроника : учебник для вузов / Л. З. Бобровников. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
12. Гальперин, М. В. Электронная техника / М. В. Гальперин. – М. : Форум: ИНФРА-М, 2005. – 352 с.

Технические нормативные правовые акты

13. ГОСТ 2.702–75 (СТ СЭВ 1188–78). Правила выполнения электрических схем: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.702-69, кроме п. п. 3.23-3.37, п. 3.61 и приложения 1; введ. 1977-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 34 с.
14. ГОСТ 2.710–81 (СТ СЭВ 2182-80). Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.710-75; введ. 1981-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 14 с.

15. ГОСТ 2.749–91. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.743-82; введ.1993-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 58 с.

16. ГОСТ 2.759–82. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники: ЕСКД. – Введен впервые 1983-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 14 с.

17. ГОСТ 19.701–90 (ИСО 5807-85). ЕСПД. Схема алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. – Взамен ГОСТ 19.003-80; введ. 1992-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 26 с.

Интернет-ресурсы

1. <http://eknigi.org/apparatura/145882-spravochnik-po-poluprovodnikovym-priboram.html>.

**ОБРАЗЕЦ
ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Приложение А

Пример выполнения курсовой работы

Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агроэнергетический факультет

Кафедра АСУП

Курсовая работа

по дисциплине «Электроника и основы микропроцессорной техники»

Вариант № 29

Тема: «Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты с заданными параметрами, двухполупериодного мостового выпрямителя с *CLC*-фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления по заданной логической функции»

Студент 3 курса 1а группы

_____/Петров П. И./
(личная подпись) (ФИО)

Шифр зачетной книжки

1326029

Руководитель

_____/Матвеев И. П./
(личная подпись) (ФИО)

Минск, 2017

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Агроэнергетический факультет
Специальность 1-53 01 01-09
(шифр)

«Утверждаю»

Зав. кафедрой

_____/_____
(личная подпись) (ФИО)

«__» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу

по дисциплине «Электроника и основы микропроцессорной техники»

Студенту _____ Петрову П. И. _____

1 Тема «Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты с заданными параметрами (по вариантам), двухполупериодного мостового выпрямителя с *CLC*-фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления по заданной логической функции (по вариантам)»; вариант 29

2. Исходные данные к проекту:

- 1) задание; _____
- 2) научная литература по теме проекта; _____
- 3) учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы; _____

3 Перечень подлежащих разработке вопросов:

Введение

1 Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты

1.1 Расчет усилителя напряжения низкой частоты

1.2 Моделирование и исследование усилителя напряжения низкой частоты на компьютере

2 Проектирование схемы выпрямителя

2.1 Расчет и проектирование схемы однофазного мостового выпрямителя с П-образным *CLC*-фильтром

2.2 Расчет компенсационного стабилизатора напряжения

3 Проектирование логической схемы управления

3.1 Проектирование логической схемы управления по заданной логической функции на элементах И-НЕ

3.2 Минимизация логической функции с помощью карт Карно

Заключение

4 Графическая часть

- 1 Схема принципиальная электрическая низкочастотного усилителя напряжения (ф. А4)
- 2 Схема принципиальная электрическая однофазного мостового выпрямителя с *CLC*-фильтром (ф. А4)
- 3 Схема принципиальная электрическая компенсационного стабилизатора напряжения (ф. А4)
- 4 Логическая схема управления на логических элементах (ф. А4)

5 Календарный график работы над всем проектом на весь период проектирования

Наименование раздела, подраздела	Объем работы, %	Дата выполнения	Подпись руководителя или консультанта
Раздел 1	40	13. 10. 17	
Раздел 2	70	10. 11. 17	
Раздел 3	100	15. 12. 17	

6 Дата выдачи задания «14» 09 2017 г.

7 Срок сдачи студентом законченного проекта: «15» 12 2017 г.

Руководитель _____ /Матвеев И. П./
(подпись) ФИО

Задание принял к проектированию «14» 09 2017 г.

Студент _____ /Петров П. И./
(подпись студента) ФИО

РЕФЕРАТ

Курсовая работа выполнена на 33 страницах машинописного текста и содержит 7 рисунков, 2 таблицы.

Графическая часть проекта представлена на 4 листах формата А4.

Ключевые слова: схема электрическая принципиальная, усилитель, выпрямитель, фильтр, стабилизатор, моделирование, временные диаграммы, логическая схема.

В курсовой работе произведен расчет и моделирование на компьютере низкочастотного усилителя, мостовой схемы выпрямителя с П-образным *CLC*-фильтром, компенсационного стабилизатора напряжения, произведен выбор элементов принципиальных электрических схем этих устройств, получены временные диаграммы их работы.

Спроектирована логическая схема управления на логических элементах И-НЕ по заданной логической функции, проверена правильность ее работы.

СОДЕРЖАНИЕ

Задание на курсовую работу.....	2
Реферат.....	4
Введение.....	6
1 Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты.....	9
1.1 Расчет усилителя напряжения низкой частоты	9
1.2 Моделирование и исследование усилителя напряжения низкой частоты на компьютере	14
2 Проектирование схемы выпрямителя	18
2.1 Расчет и моделирование схемы однофазного мостового выпрямителя с П-образным <i>CLC</i> -фильтром.....	18
2.2 Расчет компенсационного стабилизатора напряжения.....	23
3 Проектирование логической схемы управления.....	28
3.1 Проектирование логической схемы управления по заданной логической функции на элементах И–НЕ.....	28
3.2 Минимизация логической функции с помощью карт Карно.....	30
Заключение.....	31
Список использованных источников.....	33
Приложения.....	34

					03.49.029.16 - ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Петров П.И.			Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты, мостового выпрямителя с <i>CLC</i> -фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления	Стадия	Лист	Листов
Руковод.		Матвеев						
Консульт.		Матвеев				БГАТУ № 1326029		
Зав.кафед.		Гируцкий						

ВВЕДЕНИЕ

Очень широкое применение в современной технике имеют усилители, у которых как управляющая, так и управляемая энергия представляют собой электрическую энергию. Такие усилители называют усилителями электрических сигналов.

Управляющий источник электрической энергии, от которого усиливаемые электрические колебания поступают на усилитель, называют источником сигнала, а цепь усилителя, в которую эти колебания вводятся, – входной цепью или входом усилителя. Источник, от которого усилитель получает энергию, преобразуемую им в усиленные электрические колебания, назовем основным источником питания. Кроме него, усилитель может иметь и другие источники питания, энергия которых не преобразуется в электрические колебания. Устройство, являющееся потребителем усиленных электрических колебаний, называют нагрузкой усилителя или просто нагрузкой; цепь усилителя, к которой подключается нагрузка, называют выходной цепью или выходом усилителя.

Усилители электрических сигналов (далее просто усилители) применяются во многих областях современной науки и техники. Усилители широко применяются в телемеханике, автоматике, счетно-решающих и вычислительных устройствах, в аппаратуре ядерной физики, химического анализа, геофизической разведки, точного времени, медицинской, музыкальной и во многих других приборах.

По назначению усилители различают: усилители мощности (управление большой выходной мощности с помощью изменения входного напряжения) и усилители напряжения (повышение напряжения до определенной величины).

В большинстве случаев усилитель служит для увеличения мощности сигнала, отдаваемого в нагрузку. Однако поскольку для управления электронной лампой в режиме без сеточных токов достаточно одного только напряжения, предварительные каскады маломощных усилителей фактически

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

являются усилителями напряжения. Транзисторы же имеют конечное входное сопротивление (единицы или десятки кОм) и потребляют значительный входной ток, поэтому все транзисторные усилительные каскады являются усилителями мощности.

Выпрямителями называют электронные устройства для преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока. Их относят к вторичным источникам питания в отличие от генераторов, аккумуляторов, которые называют первичными. Однофазные выпрямители применяют на малые и средние мощности. Выпрямитель в общем случае содержит: трансформатор Т (для согласования напряжения сети U_1 с требуемым напряжением нагрузки U_n и устранения электрической связи между цепью переменного и постоянного тока); вентильную группу (для преобразования переменного тока в однонаправленный выпрямленный); сглаживающий фильтр (для уменьшения пульсаций U_n); стабилизатор постоянного напряжения.

Основным узлом является вентильная группа (кремниевые, реже германиевые диоды, выпрямительные блоки), остальные узлы могут отсутствовать.

Стабилизатор напряжения (или тока) – это устройство, автоматически обеспечивающее поддержание напряжения (или тока) нагрузочного устройства с заданной степенью точности.

Напряжение (или ток) нагрузочного устройства может сильно изменяться при воздействии внешних дестабилизирующих факторов, каковыми являются: изменение напряжения в сети, изменение температуры, колебание частоты тока и т. д. Чтобы эти факторы не оказывали влияние на работу электрических устройств, применяют стабилизаторы.

Математической основой цифровой электроники и вычислительной техники является алгебра логики или булева алгебра (по имени английского математика Джона Буля).

В булевой алгебре независимые переменные или аргументы (X) принимают только два значения: 0 или 1. Зависимые переменные или функции (Y) также могут принимать только одно из двух значений: 0 или 1.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Логический элемент – это электронное устройство, реализующее одну из логических операций. Логические элементы представляют собой электронные устройства, в которых обрабатываемая информация закодирована в виде двоичных чисел, отображаемых напряжением (сигналом) высокого и низкого уровней. Термин «логические» пришел в электронику из алгебры логики, оперирующей с переменными величинами и их функциями, которые могут принимать только два значения: «истинно» или «ложно». Эти двоичные переменные и функции от них называются логическими переменными и логическими функциями. Устройства, реализующие логические функции, называются логическими или цифровыми устройствами.

Логические элементы по режиму работы подразделяются на статические и динамические. Статические ЛЭ могут работать как в статическом, так и динамическом (импульсном) режимах. Статические элементы наиболее широко используются в современных микросхемах. Динамические ЛЭ могут работать только в импульсном режиме.

Логические элементы широко используются при создании схем управления различными исполнительными устройствами.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УСИЛИТЕЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

1.1 Расчет усилителя напряжения низкой частоты

Исходные данные:

- 1 Тип транзистора: 2N6520-биполярный, *p-n-p*-типа;
- 2 $U_{вх} = 50$ мВ;
- 3 $K_U = 3$;
- 4 $E_k = 10$ В;
- 5 $f_n = 250$ Гц.

При расчете усилителя целесообразно придерживаться следующей последовательности:

- 1 Для данного типа транзистора выбираем из справочника [7, 8, 9]:
Выбираем для транзистора 2N6520:
– статический коэффициент передачи тока для схемы с ОЭ в режиме малого сигнала $h_{21Э} = (20...40)$, выбираем среднее значение 30;
– максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер $U_{кэmax} = 15$ В;
 $U_{кэmax} > E_k$.
- 2 Производим выбор режима работы транзистора по постоянному току.
Находим амплитуду тока коллектора $I_{км}$. Для этого определяем:
– значение выходного напряжения:

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot K_U = 0,05 \cdot 3 = 0,15 \text{ В};$$

- сопротивление коллектора выбираем из условия:

$$R_k \approx (0,5 \div 2) \text{ кОм}.$$

Выбираем $R_k \approx 0,7$ кОм.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

$$-I_{\text{км}} = U_{\text{Вых}}/R_{\text{н}},$$

где $R_{\text{н}}$ – сопротивление на выходе усилительного каскада (сопротивление нагрузки или, по-другому, входное сопротивление следующего каскада).

При определении $R_{\text{н}}$ исходим из условия:

$$R_{\text{к}} \gg R_{\text{н}}.$$

Определяем ориентировочно $R_{\text{н}}$:

$$R_{\text{н}} \approx 0,05 \cdot R_{\text{к}} \approx 35 \text{ Ом}.$$

Тогда

$$I_{\text{км}} = 0,15 \text{ В} / 35 \text{ Ом} = 4,3 \text{ мА}.$$

3 Определим постоянную составляющую тока коллектора:

$$I_{\text{ко}} \geq I_{\text{км}}/k_3,$$

где k_3 – коэффициент запаса, не должен превышать (0,7...0,95), т. к. тогда могут возникнуть нелинейные искажения, при $k_3 < 0,7$ ухудшается к. п. д. каскада.

Тогда

$$I_{\text{ко}} \geq 4,3/0,7 \approx 6 \text{ мА}.$$

Значение $U_{\text{кэо}}$ принимаем равным типовому значению $U_{\text{кэо}} = -5 \text{ В}$.

На выходных характеристиках (рисунок 1.1) отмечаем точку покоя П с координатами $I_{\text{ко}}$, $U_{\text{кэо}}$ и находим $I_{\text{бо}}$ (для примера $I_{\text{бо}} = 200 \text{ мкА}$). Эту точку П переносим на семейство входных характеристик (Приложение А, рисунок 3) и определяем при данных $I_{\text{бо}}$ и $U_{\text{кэо}}$ значения напряжения база-эмиттер $U_{\text{бэо}}$.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

(для примера $U_{бэ0} = 0,25 \text{ В}$). Если т. п не находится ни на одной из характеристик, следует изменить R_k и повторить пункты, начиная с п. 2.

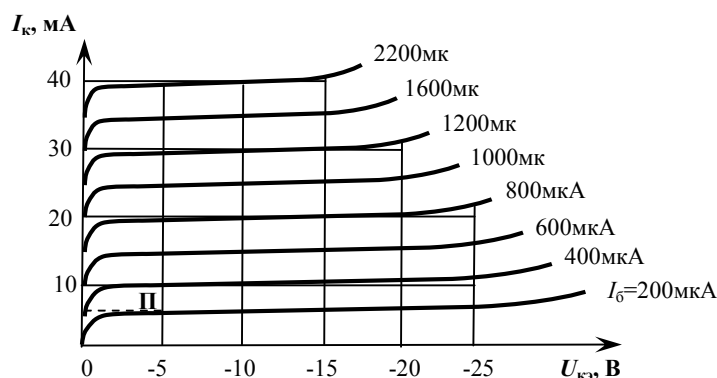


Рисунок 1.1 – Семейство выходных характеристик транзистора

4 Определяем входное сопротивление транзистора с ОЭ переменному току по входной характеристике транзистора. Для этого проводим касательную в рабочей точке (на семействе входных характеристик касательная проводится ближе к прямолинейному участку, рисунок 1.2) и находим тангенс угла наклона в этой точке, т. е. $\Delta U_{бэ}$ и $\Delta I_б$:

$$R_{вхэ} = \Delta U_{бэ} / \Delta I_б = (0,14 \text{ В} / 0,7 \text{ мА}) = 200 \text{ Ом}.$$

5 Определяем общее сопротивление коллекторной цепи постоянному току:

$$R_k + R_э \approx (E_k - |U_{кэ0}|) / I_{к0} = 556 \text{ Ом}.$$

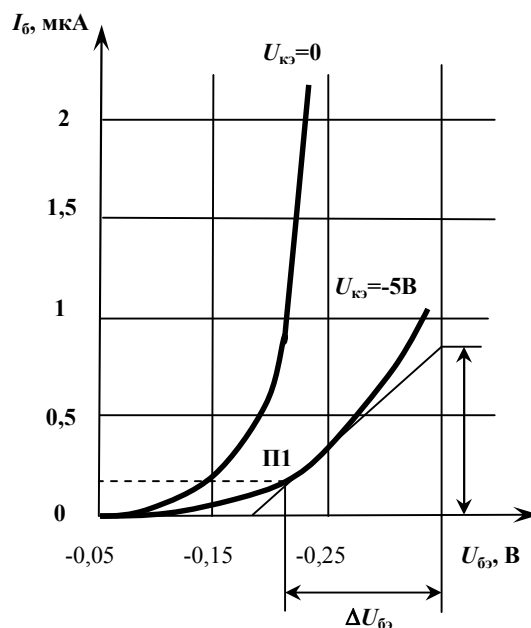


Рисунок 1.2 – Семейство входных характеристик транзистора

6 Произведем расчет схемы УНЧ по переменному току:

– определяем коэффициент усиления каскада без отрицательной обратной связи (ООС):

$$K_{\text{без ООС}} = h_{21Э} \cdot (R_H / R_{\text{вхЭ}}) = 30 \cdot (35/200) = 5,25;$$

– коэффициент усиления каскада с отрицательной обратной связью (ООС):

$$K_{\text{ООС}} = K_U = 3;$$

– коэффициент передачи цепи ОС усилителя с ООС:

$$\gamma = (K_{\text{без ООС}} - K_{\text{ООС}}) / (K_{\text{без ООС}} \cdot K_{\text{ООС}}) = (5,25 - 3) / (5,25 \cdot 3) = 0,053;$$

– определяем сопротивление, стоящее в цепи эмиттера и обеспечивающее ООС в усилителе:

$$R_3 = (\gamma \cdot R_H \cdot h_{21Э}) / (h_{21Э} + 1) = (0,053 \cdot 35 \cdot 30) / (30 + 1) = 4,7 \text{ Ом.}$$

7 Уточняем сопротивление коллектора:

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

$$R_k = (R_k + R_3) - R_3 = (556 - 4,7) \approx 551 \text{ Ом.}$$

8 Находим сопротивление резисторов в цепи базы:

$$R1 = (E_k - (I_{k0} + I_{\bar{b}0}) \cdot R_3) / I_{\bar{b}0} =$$

$$= (10\text{В} - (6\text{мА} + 0,2\text{мА}) \cdot 4,7 \text{ Ом}) / 0,2 \text{ мА} \approx 50 \text{ кОм};$$

$$R2 \approx R1 = 50 \text{ кОм.}$$

9 Определяем емкость блокировочного конденсатора C_3 :

где $R_{и}$ – внутреннее сопротивление источника усиливаемого сигнала, которое определяется как

$$\frac{1}{R_{и}} = \frac{1}{R_k} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \approx 0,0022.$$

Тогда $R_{и} = 455 \text{ Ом.}$

Коэффициент частотных искажений учитывает влияние блокировочного конденсатора на частотные искажения:

$$M_{C_3} = \sqrt{1,41} \approx 1,18.$$

Тогда $C_3 \geq 46 \text{ мкФ.}$

10 Определяем емкости разделительных конденсаторов $C1$ и $C2$:

$$C2 \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_{и} + R_k) \sqrt{M_{C_2}^2 - 1}};$$

$$M_{C2} = M_{C1} = \sqrt{1,18} \approx 1,09.$$

Тогда

$$C2 \geq 2,5 \text{ мкФ};$$

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C1 \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_{\text{вхз}} + R_{\text{выхд}}) \sqrt{M_{C1}^2 - 1}},$$

где $R_{\text{выхд}}$ – выходное сопротивление делителя. Если $R_{\text{выхд}}$ не известно, то обычно полагают $R_{\text{выхд}} = 0$, в этом случае $C1$ берут с некоторым запасом:

$$C1 \geq 7,5 \text{ мкФ};$$

11 Общее входное сопротивление УНЧ:

$$R_{\text{вх ус}} = R_{\text{вх э}} + R_3(h_{21 \text{ э}} + 1) = 200 + 4,7(30 + 1) = 351 \text{ Ом}.$$

1.2 Моделирование и исследование усилителя напряжения низкой частоты на компьютере

1 Создаем принципиальную электрическую схему усилителя с рассчитанными параметрами элементов с помощью программы Micro-CAP на компьютере в соответствии с приложением Б.

2 Уточняем параметры резисторов и конденсаторов в схеме, выбрав их в соответствии с номинальными значениями (Приложение В). Корректируем схему.

Спроектированная принципиальная электрическая схема приведена на листе 1 графической части.

3 Получаем временные диаграммы для входного и выходного напряжений, представленные на рисунке 1.3, на которых указываем амплитудные значения этих напряжений ($U_{\text{вх}}$ и $U_{\text{вых}}$).

4 По временным диаграммам видно, что рассчитанный усилительный каскад усиливает входное напряжение $U_{\text{вх}}$ в соответствии с заданным коэффициентом $K_U = 3$, т. к. $U_{\text{вх}} = 50 \text{ мВ}$, а $U_{\text{вых}} \approx 150 \text{ мВ}$.

5 Получаем амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) в двух вариантах:

– зависимость коэффициента усиления по напряжению $K_U = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ от частоты (рисунок 1.4 – верхний график);

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ доку	Подпись	Дата		

– зависимость коэффициента усиления, выраженного в дБ , от частоты (рисунок 1.4 – средний график), и фазочастотную характеристику (ФЧХ) (рисунок 1.4 – нижний график) рассчитанного усилительного каскада (УК), как указано в приложении Б.

АЧХ и ФЧХ показаны на рисунке 1.4.

На АЧХ определяем значение нижней граничной частоты f_n .

На ФЧХ указываем угол сдвига фаз между входным и выходным напряжениями на частоте 100 Гц ($\phi = 110^\circ$) и на частоте 10 МГц ($\phi = 180^\circ$).

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ доку	Подпись	Дата		

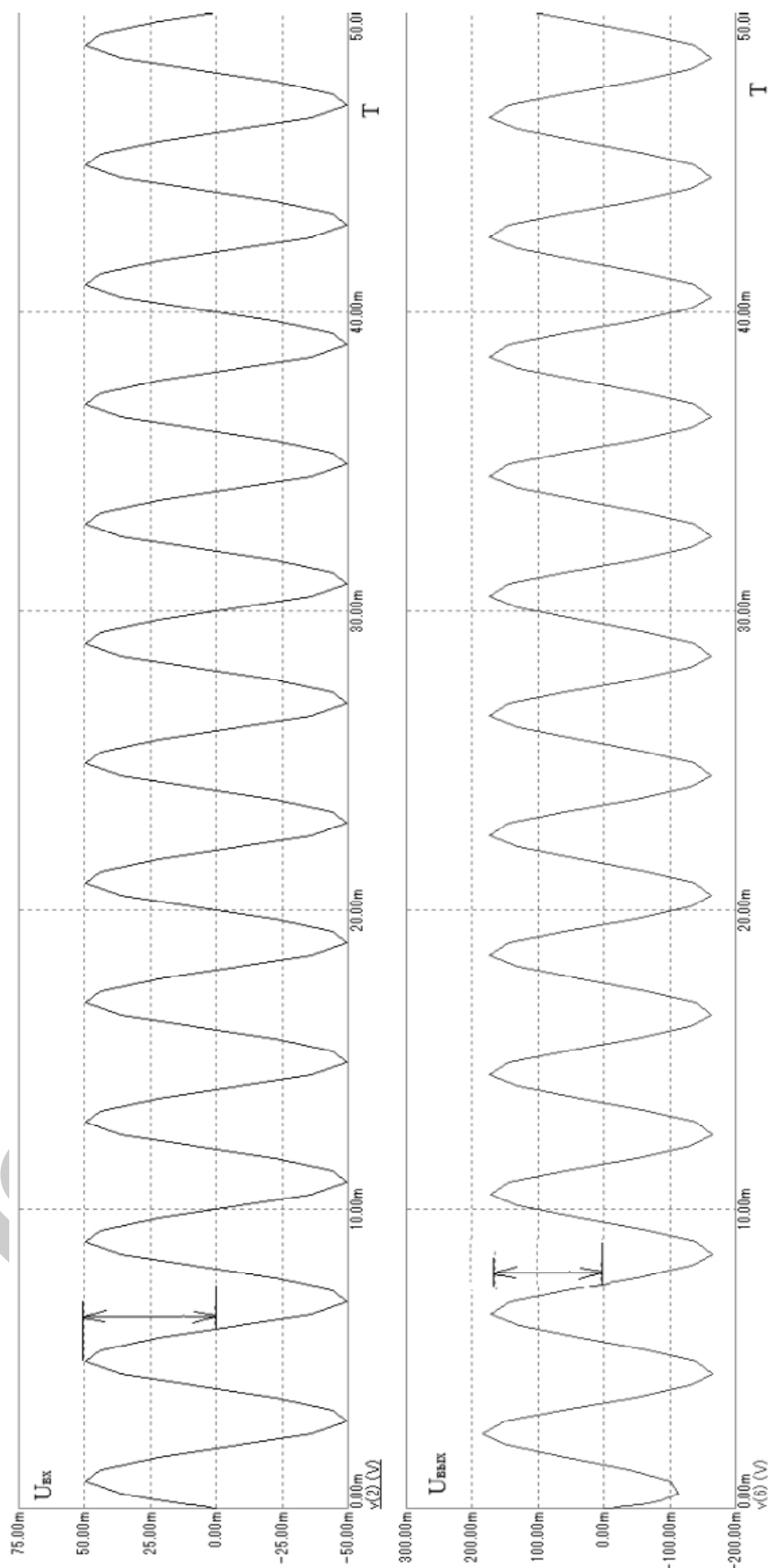


Рисунок 1.3 – Временные диаграммы входного и выходного напряжений усилителя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

03.49.029.16 - ПЗ

Лист

16

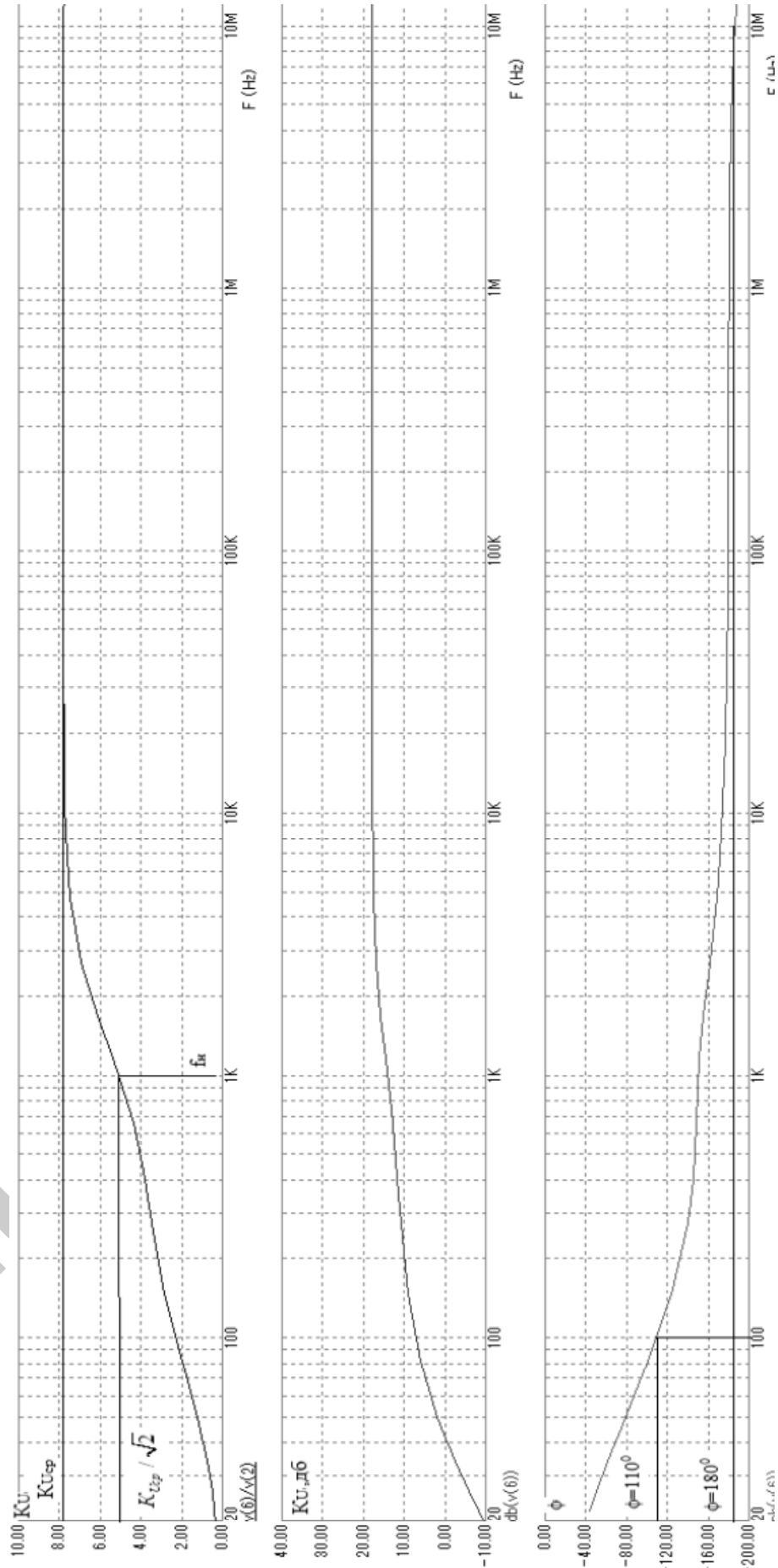


Рисунок 1.4 – Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЯ

2.1 Расчет и моделирование схемы однофазного мостового выпрямителя с П-образным CLC -фильтром

Исходные данные:

- напряжение на нагрузке $U_n = 40$ В;
- сопротивление нагрузки $R_n = 100$ Ом;
- напряжение на первичной обмотке трансформатора $U_1 = 220$ В.
- коэффициент пульсаций мостового выпрямителя с П-образным $C_{\phi 1}L_{\phi}C_{\phi 2}$ -фильтром $p_2 = 0,005$.

1 Определяем постоянную составляющую выпрямленного тока (ток нагрузки) I_n :

$$I_n = U_n / R_n = 40 / 100 = 0,4 \text{ А.}$$

2 Определяем действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора U_2 , воспользовавшись таблицей 4, где указаны количественные соотношения напряжений, токов и мощностей для различных схем выпрямления:

$$U_2 = 1,11 U_n = 1,11 \cdot 40 = 44,4 \text{ В.}$$

3 Определяем действующее значение тока, протекающего через вторичную обмотку трансформатора:

$$I_2 = 1,11 \cdot I_n = 1,11 \cdot 0,4 = 0,444 \text{ А.}$$

4 Максимальное значение обратного напряжения на закрытом диоде (таблица 4):

$$U_{\text{обр max}} = 1,57 \cdot U_n = 1,57 \cdot 40 = 62,8 \text{ В.}$$

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док	Подпись	Дата		18

5 Так как ток через диоды протекает полпериода, то среднее значение тока диода равно:

$$I_{\text{пр}} = 0,5 \cdot I_{\text{н}} = 0,5 \cdot 0,4 \text{ А} = 20 \text{ мА}.$$

6 Выбираем диоды по двум параметрам: $I_{\text{пр}}$ и $U_{\text{обр. max}}$, которые должны быть не менее расчетных значений. Выбираем по справочнику [6, 7, интернет-ресурсы] диод КД208А, который имеет $I_{\text{пр max}} = 1,5 \text{ А}$, $U_{\text{обр. max}} = 100 \text{ В}$.

7 Определяем зарубежный аналог выбранного диода по справочнику [6, 7]. Для нашего примера зарубежный аналог диода КД208А – это диод 1N1053. Этот диод будет использоваться при моделировании схемы в Micro-CAP.

8 Для выбора типового трансформатора определяем расчетную мощность трансформатора:

$$P_{\text{Трасч}} = 1,23 \cdot P_{\text{н}} = 1,23 \cdot U_{\text{н}} \cdot I_{\text{н}} = 1,23 \cdot 40 \cdot 0,4 = 19,68 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{Тном}} = 20 \text{ Вт} \geq P_{\text{Трасч}} = 19,68 \text{ Вт}$$

и коэффициент трансформации, который, с одной стороны, определяется как

$$n = U_1 / U_2 = 220 / 44,4 = 4,95,$$

а, с другой стороны, как

$$n \approx \sqrt{\frac{L1}{L2}},$$

где $L1$ принимается равным 1 Гн. Тогда $L2$ будет определяться как

$$L2 = \frac{L1}{n^2} = \frac{1}{4,95^2} = 0,2 \text{ Гн}.$$

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Коэффициент сцепления k , который необходимо указывать в параметрах выбранного трансформатора, будет лежать в пределах $(0 \dots 1)$.

При выборе трансформатора в Micro-CAP при создании схемы в графе «Величина» указываются значения $L1$, $L2$, k .

9 Создаем принципиальную электрическую схему с помощью программы Micro-CAP в соответствии с Приложением Б и расчетными параметрами элементов; если выбранный зарубежный аналог отсутствует в списке диодов программы Micro-CAP, то следует выбрать ближайший по маркировке, в данном примере это 1N3016.

10 Получаем временные диаграммы для входного $U_{\text{вх}} = f(t)$ и выходного напряжений $U_{\text{вых}} = f(t)$ (приложение Б) схемы однофазного мостового выпрямителя без фильтра, которые показаны на рисунке 2.1.

11 Рассчитываем параметры сглаживающего П-образного $C_{\phi 1} L_{\phi} C_{\phi 2}$ -фильтра.

Коэффициент пульсаций однофазного мостового выпрямителя без фильтра p_1 (таблица 4) равен

$$p_1 = 0,67.$$

Коэффициент пульсаций однофазного мостового выпрямителя с фильтром p_2

$$p_2 = 0,005.$$

Коэффициент сглаживания фильтра q

$$q = p_1/p_2 = 0,67/0,005 = 134.$$

П-образный фильтр состоит из простого С-фильтра и Г-образного LC-фильтра, коэффициент сглаживания которого определяется

$$q = q_c \cdot q_{LC}.$$

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Принимаем емкость конденсаторов в составных фильтрах

$$C_{\phi 1} = C_{\phi 2} = 20 \text{ мкФ.}$$

Тогда

$$q_c = 2\pi \cdot f \cdot m \cdot C_{\phi 1} \cdot R_H = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 1,2,$$

где m – число пульсаций выпрямленного напряжения за период (таблица 4).

Тогда коэффициент сглаживания LC -фильтра

$$q_{LC} = \frac{q}{q_c} = \frac{134}{1,2} = 112.$$

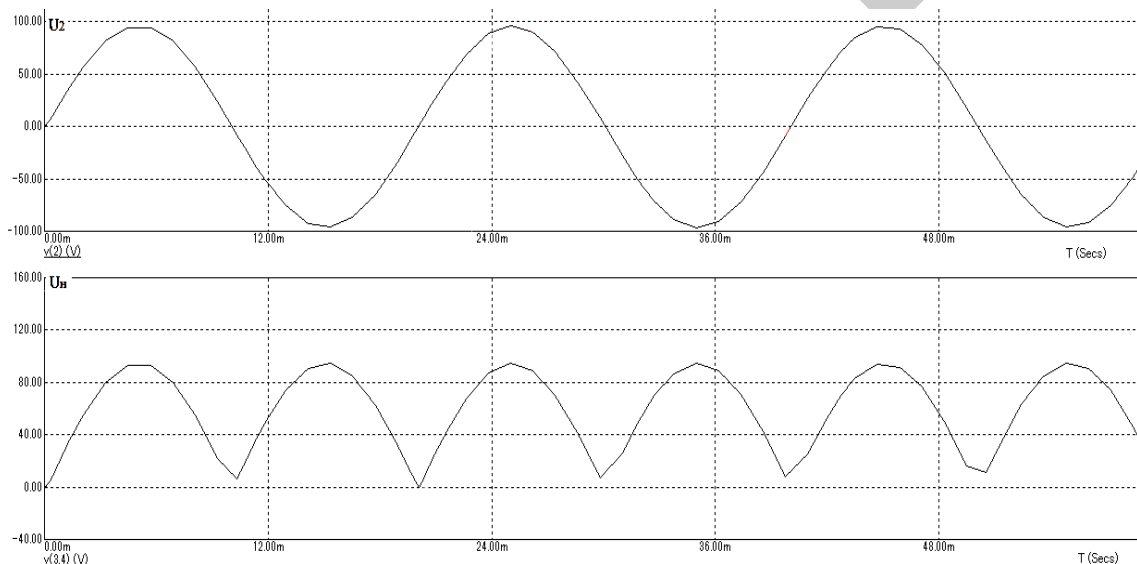


Рисунок 2.1 – Временные диаграммы для входного (U_2) и выходного напряжений (U_H) мостового выпрямителя

Для LC -фильтра

$$L_{\phi} C_{\phi 2} = \frac{q_{LC}}{(2\pi \cdot f \cdot m)^2} = \frac{112}{(6,28 \cdot 50 \cdot 2)^2} = 280 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot \text{Ф.}$$

При $C_{\phi 2} = 20 \text{ мкФ}$

$$L_{\phi} = \frac{L_{\phi} \cdot C_{\phi 2}}{C_{\phi 2}} = \frac{280 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} = 14 \text{ Гн.}$$

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

12 Получаем временные диаграммы для выходного напряжения схемы однофазного мостового выпрямителя с П-образным $C_{\phi 1}L_{\phi}C_{\phi 2}$ -фильтром (рисунок 2.2).

13 Принципиальная электрическая схема однофазного мостового выпрямителя с П-образным $C_{\phi 1}L_{\phi}C_{\phi 2}$ фильтром приведена на листе 2 графической части формата А4.

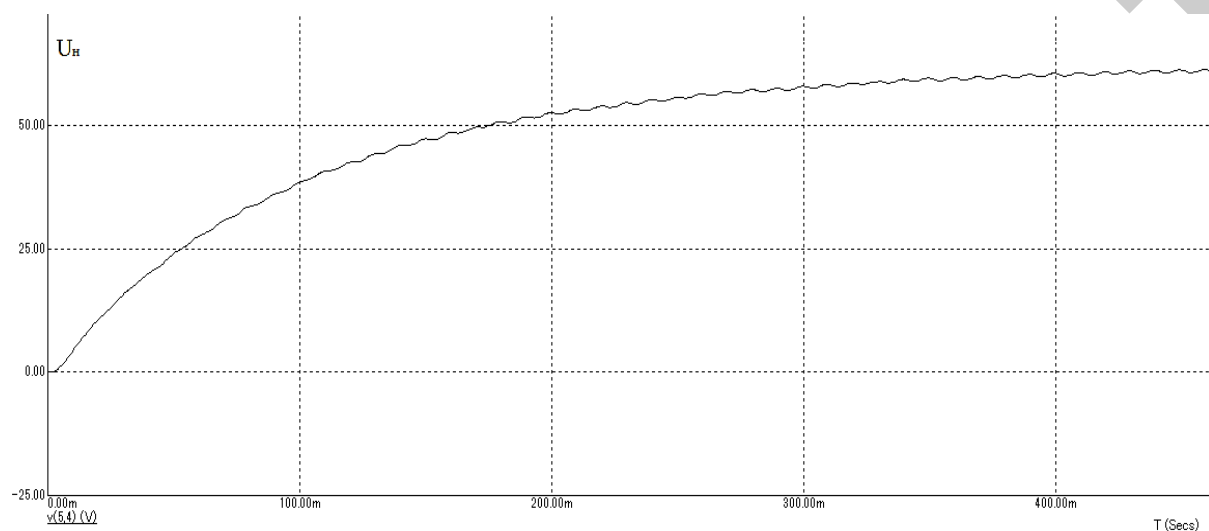


Рисунок 2.2 – Временная диаграмма для выходного напряжения (U_n) мостового выпрямителя с CLC -фильтром

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

2.2 Расчет компенсационного стабилизатора напряжения

Исходные данные:

- выходное напряжение $U_{\text{ВЫХ}} = 27 \text{ В}$;
- предельное отклонение $\Delta U_{\text{ВЫХ}} = \pm 2 \text{ В}$;
- ток нагрузки $I_{\text{Н}} = 0,2 \text{ А}$;
- допустимые относительные изменения входного напряжения $\Delta U_{\text{ВХ}} / U_{\text{ВХ}} = \pm 10\%$;
- коэффициент стабилизации $K_{\text{СТ}} = 150$.

1 Выбираем тип регулирующего транзистора $VT1$ и его режима:

$$U_{\text{ВХmin}} = U_{\text{ВЫХ}} + \Delta U_{\text{ВЫХ}} + |U_{\text{КЭ1min}}| = 27 + 2 + 3 = 32 \text{ В},$$

где $|U_{\text{КЭ1min}}|$ – минимальное напряжение между коллектором и эмиттером транзистора $VT1$, при котором его работа не заходит в область насыщения.

Для мощных транзисторов, которые используются в качестве регулирующего элемента, при расчете принимают $|U_{\text{КЭ1min}}| = 3 \text{ В}$.

Так как допустимые относительные изменения входного напряжения (по заданию) $\Delta U_{\text{ВХ}} / U_{\text{ВХ}} = 10\%$, то номинальное значение входного напряжения $U_{\text{ВХ}} = 1,1 \cdot 32 = 35,2 \text{ В}$, а максимальное значение входного напряжения $U_{\text{ВХmax}} = 1,1 \cdot 35,2 = 38,7 \text{ В}$.

Находим $U_{\text{КЭ1max}}$ и максимальную мощность, рассеиваемую на регулирующем транзисторе $P_{\text{Кmax}}$:

$$|U_{\text{КЭ1max}}| = U_{\text{ВХmax}} - U_{\text{ВЫХmin}} = 38,7 - 25 = 13,7 \text{ В},$$

$$\text{т.к. } U_{\text{ВЫХ min}} = U_{\text{ВЫХ}} - \Delta U_{\text{ВЫХ}}$$

					03.49.029.16- ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$P_{K\max} = |U_{KЭ1\max}| \cdot I_H = 13,7 \cdot 0,2 \approx 2,7 \text{ Вт.}$$

Выбираем по справочнику [7] транзистор КТ8426, для которого

$$P_{K\max} = 3 \text{ Вт} \geq 2,7 \text{ Вт};$$

$$|U_{KЭ1\max}| = 200 \text{ В} \geq 13,7 \text{ В};$$

$$I_{K\max} = 5 \text{ А};$$

$$h_{21Э} \geq 15.$$

2 Выбор типа согласующего транзистора VT2 и его режима.

Коллекторный ток транзистора VT2:

$$I_{K2} \approx I_{Э2} = I_{Б1} + I_{R4} = \frac{I_{K1}}{h_{21Э}} + I_{R4} = \frac{I_H}{h_{21Э}} + I_{R4},$$

$$\text{т. к. } I_B = \frac{I_K}{h_{21}}, \text{ и } I_{K1} = I_H,$$

где I_{R4} – дополнительный ток, протекающий через резистор R4. Для мало-мощных транзисторов, используемых в качестве согласующего элемента, дополнительный ток выбирают в пределах 1–2 мА.

$$\text{Приняв } I_{R4} = 1,5 \text{ мА}, \text{ получим: } I_{K2} = \frac{0,2 \cdot 10^3}{30} + 1,5 = 8,2 \text{ мА}.$$

Определяем максимальные значения напряжения $U_{KЭ2\max}$ и мощности P_{K2} согласующего транзистора VT2:

$$|U_{KЭ2\max}| \approx |U_{KЭ1\max}| = 13,7 \text{ В};$$

$$P_K = I_{K2} \cdot |U_{KЭ2\max}| = 8,2 \cdot 10^{-3} \cdot 13,7 \approx 112 \text{ мВт}.$$

Выбираем по справочнику транзистор типа КТ201Б со следующими параметрами:

$$I_{K\max} = 20 \text{ мА} > 8,2 \text{ мА};$$

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$|U_{KЭ2\max}| = 20 \text{ В} > 13,7 \text{ В};$$

$$P_K = 150 \text{ мВт} > 112 \text{ мВт};$$

$$h_{21Э} = 30 \dots 90.$$

3 Рассчитываем сопротивление резистора $R4$:

$$R4 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{I_{R4}} = \frac{27}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 18 \text{ кОм}.$$

4 Выбор усилительного транзистора $VT3$ и его режима.

В качестве усилительного транзистора используют маломощные транзисторы. Обычно из технологических соображений транзисторы $VT2$, $VT3$ выбирают одного типа. Выбираем КТ201Б.

$$\text{Задаемся напряжением } |U_{KЭ3}| = 14 \text{ В} \leq |U_{KЭ\max}| = 20 \text{ В}.$$

Определяем опорное напряжение:

$$U_{\text{оп}} = U_{\text{ВЫХ}} - |U_{KЭ3}| = 27 - 14 = 13 \text{ В}.$$

Для получения такого опорного напряжения используем стабилитрон (по справочнику) типа Д813, у которого $U_{\text{ст}} = 11,5 \div 14 \text{ В}$, $I_{\text{ст}} = 5 \text{ мА}$.

5 Определим значение ограничивающего сопротивления $R5$:

$$R5 = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{оп}}}{I_{\text{ст}} - I_{Э3}} = \frac{27 - 13}{(5 - 1) \cdot 10^{-3}} = 3,5 \text{ кОм},$$

$I_{Э3} \approx I_{K3}$, а I_{K3} выбирают в пределах $1 \dots 1,5 \text{ мА}$.

$$\text{Из уравнения Кирхгофа } U_{ЭБ1} + U_{ЭБ2} + U_{R3} - |U_{KЭ1}| = 0.$$

С учетом того, что $U_{ЭБ1}, U_{ЭБ2} \approx 0$, получаем $U_{R3} \approx |U_{KЭ1}|$. Тогда в соответствии с принципиальной электрической схемой (рисунок 2.2) можем найти сопротивление $R3$:

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$R3 = \frac{U_{R3}}{I_{R3}} \approx \frac{|U_{КЭ1}|}{I_{К3} + I_{Б2}} = \frac{13,7}{1 + 0,27} \approx 10,8 \text{ кОм},$$

где $I_{К3} \approx I_{Э3} = 1 \text{ мА}$, т. к. $I_{К3}$ выбирают в пределах $1 \dots 1,5 \text{ мА}$,

$$\text{а } I_{Б2} = \frac{I_{К2}}{h_{21Э}} = \frac{8,2}{30} = 0,27 \text{ мА}.$$

6 Расчет делителей напряжения.

По схеме (рисунок 2.2) видно, что $U_{оп} \approx (R8 + 0,5R7) \cdot I_{дел}$,

где $I_{дел}$ – ток, протекающий через делитель $R6, R7, R8$.

$$\text{Получаем } R7 = \frac{U_{оп} - I_{дел} \cdot R8}{0,5I_{дел}}.$$

Выбираем $I_{дел}$ из условия: $I_{дел} > (5 \div 10) I_{Б3}$.

Примем $I_{дел} = 20 \text{ мА}$.

$$\text{Примем } I_{дел} = 20 \cdot I_{Б3} = \frac{20I_{К3}}{h_{21Э}} = \frac{20 \cdot 1}{30} = 0,66 \text{ мА}.$$

Зададимся значением $R8 = 1,5 \text{ кОм}$, тогда

$$R7 = \frac{13 - 0,66 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 0,66 \cdot 10^{-3}} = \frac{12}{0,33 \cdot 10^{-3}} = 36 \text{ кОм}.$$

По схеме (рисунок 2.2) для контура $R6, 0,5R7$ и R_n можно записать выражение $I_{дел} (R6 + 0,5R7) \approx U_{вых} - U_{оп}$, откуда находим:

$$\begin{aligned} R6 &= \frac{U_{вых} - U_{оп} - 0,5 \cdot I_{дел} \cdot R7}{I_{дел}} = \frac{27 - 13 - 0,5 \cdot 0,66 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 10^3}{0,66 \cdot 10^{-3}} = \\ &= \frac{11,88}{0,66 \cdot 10^{-3}} = 3,2 \text{ кОм} \end{aligned}$$

7 Выбор конденсаторов:

- емкость конденсатора $C1$, включаемого для предотвращения возбуждения стабилизатора, подбирают экспериментально, $C1 \leq 0,5 \dots 1 \text{ мкФ}$;
- емкость конденсатора $C2$, включение которого приводит к незначительному уменьшению пульсаций выходного напряжения и уменьшению

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

выходного сопротивления стабилизатора переменному току, выбирают в пределах 1000...2000 мкФ.

Выбираем $C1 = 0,5$ мкФ, $C2 = 1000$ мкФ.

8 Определяем коэффициент стабилизации напряжения:

$$K_{\text{ст}} = K_{\text{дел}} \cdot K_3 \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = 0,48 \cdot 540 \frac{27}{35,2} = 198,$$

где $K_{\text{дел}} = \frac{U_{\text{оп}}}{U_{\text{вых}}} = \frac{13}{27} = 0,48$ – коэффициент деления напряжения делителя $R6$, $R7$, $R8$;

$$K_3 = \left(\frac{h_{21Э3}}{h_{11Э3}} \right) \cdot R3 = \left(\frac{30}{600} \right) \cdot 10,8 \cdot 10^3 = 540,$$

где $h_{11Э}$ – входное сопротивление транзистора $VT3$ (справочные данные).

Если значение $K_{\text{ст}}$ окажется недостаточным, то следует выбрать из предлагаемого диапазона большее значение $h_{21Э}$, либо транзисторы $VT2$ и $VT3$ с большим коэффициентом усиления тока $h_{21Э}$, если значения из диапазона не удовлетворяют требованиям.

9 Спроектированная принципиальная электрическая схема компенсационного стабилизатора напряжения приведена на листе 3 графической части.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

3.1 Проектирование логической схемы управления по заданной логической функции на элементах И-НЕ

Исходные данные:

$X1 = 5; 6 - (0101; 0110);$

$X2 = 0; 4 - (0000; 0100);$

$X3 = 5; 6 - (0101; 0110);$

$Y1 = 1; 2 - (0001; 0010);$

$Y2 = 3; 4 - (0011; 0100).$

Логическую схему управления необходимо реализовать на логических элементах И-НЕ.

1 Переводим десятичные значения входных и выходных сигналов в двоичные и записываем их в таблицу 3.1:

Таблица 3.1 – Представление входных и выходных сигналов в двоичной форме

$X1$	$X2$	$X3$	$Y1$	$Y2$
0	0	0	0	0
1	0	1	0	0
0	0	0	0	1
1	0	1	1	1
0	0	0	0	0
1	1	1	0	1
1	0	1	1	0
0	0	0	0	0

2 Определим, для какой комбинации входных сигналов, выходной сигнал равен 1 (соответственно для выхода $Y1$ и выхода $Y2$), для нашего примера эти сигналы выделены жирным шрифтом.

3 Составляем таблицу истинности (таблицы 3.2, 3.3) для каждого выхода:

– для выхода $Y1$:

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.2 – Таблица истинности для выхода Y_1

X_1	X_2	X_3	Y_1
0	0	0	0
0	0	1	0
X_1	X_2	X_3	Y_1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

– для выхода Y_2 :

Таблица 3.3 – Таблица истинности для выхода Y_2

X_1	X_2	X_3	Y_2
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

4 Для данных таблиц истинности дизъюнктивная форма оператора имеет вид:

$$Y_1 = X_1 \cdot \overline{X_2} \cdot X_3 \quad Y_2 = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3} + X_1 \cdot \overline{X_2} \cdot X_3 + X_1 \cdot X_2 \cdot X_3,$$

при этом: $X = 1, \overline{X} = 0$, т. е. переменные входят в произведение в прямом виде, если их значение в строке при $Y = 1$ тоже равны 1, и в инверсном виде, если их значения равны 0.

3.2 Минимизация логической функции с помощью карт Карно

1 Производим минимизацию (упрощение формы записи) функций с использованием карты Карно. Минимизируется только функция Y_2 , т. к. Y_1 и так имеет простейшую форму.

Для нашего примера получаем (рисунок 3.1):

		X1 X2			
		00	01	11	10
X3	0	1			
	1			1	1

Рисунок 3.1 – Карта Карно для трех переменных

Выходные сигналы, равные единице, проставляем на пересечении комбинаций сигналов X_1 , X_2 , X_3 .

Тогда можем записать упрощенное значение Y_2 :

$$Y_2 = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3} + X_1 \cdot X_3(X_2 + \overline{X_2}) = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3} + X_1 \cdot X_3$$

2 Построим логическую схему управления только на элементах 2И-НЕ и 3И-НЕ. Для этого произведем двукратное инвертирование, воспользовавшись теоремой де Моргана:

$$Y_1 = \overline{\overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3}};$$

$$Y_2 = \overline{\overline{\overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3}} + \overline{\overline{X_1} \cdot X_3}} = \overline{\overline{\overline{X_1} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_3}} \cdot \overline{\overline{X_1} \cdot X_3}}$$

3 Структурная схема будет содержать два элемента 3И-НЕ и шесть элементов 2И-НЕ.

4 Логическая схема управления приведена на листе 4 графической части.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был произведен расчет параметров усилителя на биполярном транзисторе в схеме включения с общим эмиттером при максимальном использовании параметров транзистора и проведена проверка этих параметров с помощью компьютерного моделирования усилителя в пакете схематического моделирования Micro-CAP.

Чтобы усилитель нормально работал в заданном режиме, нужно обеспечить постоянный ток коллектора и постоянное напряжение на нем. Вследствие зависимости от температуры и других факторов параметры усилительного элемента могут меняться, поэтому необходима стабилизация рабочей точки. Стабилизировать рабочую точку можно введением отрицательной обратной связи, которая создается резистором $R_э$. Введение ООС позволяет уменьшить нестабильность коэффициента усиления во столько же раз, во сколько снижается само усиление. Кроме того, во столько же раз уменьшаются нелинейные искажения сигнала и расширяется полоса пропускания усилителя.

Таким образом, удалось, как можно более подробно изучить не только теоретически, но и увидеть экспериментально работу усилителя на БТ в схеме с ОЭ.

В ходе проведения данной работы были закреплены навыки в области расчета и проектирования усилительных каскадов на биполярных транзисторах.

Построены диаграммы для входного и выходного напряжений. Получены амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазочастотная характеристика (ФЧХ).

Спроектирован и рассчитан однофазный мостовой выпрямитель, для которого по справочнику выбран диод для однофазного мостового выпрямителя, работающего на нагрузку с сопротивлением R_n и постоянной составляющей выпрямленного напряжения U_n .

Определены ток и напряжение вторичной обмотки трансформатора и мощность трансформатора. Был произведен расчет и выбор сглаживающего фильтра (CLC) для данной схемы.

					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Также была смоделирована и исследована рассчитанная схема на компьютере, были получены временные диаграммы, с помощью программы Micro-CAP (зависимость $U_{\text{вх}}$ от времени t ; и зависимость $U_{\text{вых}}$ от времени t).

При выполнении курсовой работы был спроектирован и рассчитан компенсационный стабилизатор напряжения последовательного типа, для которого были выбраны типы используемых транзисторов, произведены расчеты параметров элементов схемы, а также спроектирована принципиальная электрическая схема стабилизатора напряжения.

При выполнении третьего раздела курсовой работы были произведены расчеты в соответствии с основными положениями алгебры логики и построена логическая схема управления. При помощи теоремы де Моргана преобразовали уравнения, для того чтобы при построении использовать логический элемент И-НЕ. Структурная схема управления построена в программе Micro-CAP.

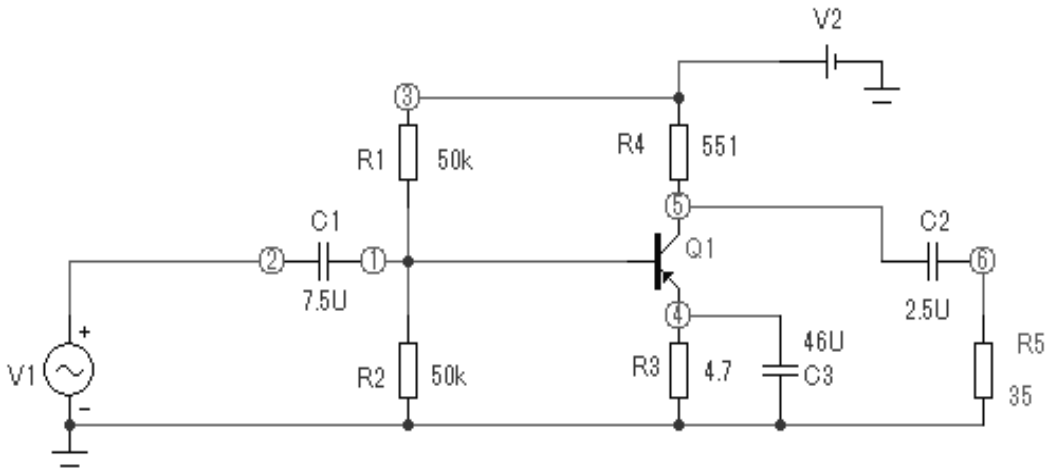
					03.49.029.16 - ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гурин, В. В. Общие требования к организации и оформлению дипломных и курсовых проектов (работ) / В. В. Гурин [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 139 с.
2. Бладыко, Ю. В. Сборник задач по электротехнике и электронике: учеб. пособие / Ю. В. Бладыко [и др.] ; под общ. ред. Ю. В. Бладыко. – Минск: Высш. шк., 2012. – 478 с.
3. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – М. : Высшая школа, 2013 – 800 с.
4. Матвеев, И. П. Основы электроники и микропроцессорной техники: учебно-методический комплекс / И. П. Матвеев. – Минск, 2009. – 324 с.
5. Лачин, В. И. Электроника / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. 7-е издание. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 704 с.
6. Галкин, В. И. Полупроводниковые приборы: Транзисторы широкого применения : справочник / В. И. Галкин, А. Л. Булычев. – Мн. : Беларусь, 1995. – 383 с.
7. Галкин В. И. Полупроводниковые приборы : справочник – Мн. : Беларусь, 1987. – 321 с.
8. Разевиг, В. Д. Система схемотехнического проектирования MicroCAP V.-М. / В. Д. Разевиг. – «СОЛОН», 1997. – 273 с.
9. Гальперин, М. В. Электронная техника / М. В. Гальперин. – М. : Форум: ИНФРА-М, 2005. – 352 с.
10. ГОСТ 2.702–75 (СТ СЭВ 1188–78). Правила выполнения электрических схем: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.702–69, кроме п. 3.23–3.37, 3.61 и приложения 1; введ. 1977-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 34 с.
11. ГОСТ 2.710-81 (СТ СЭВ 2182-80). Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.710-75; введ. 1981-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 14 с.
12. ГОСТ 2.749-91. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.743–82; введ. 1993-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 58 с.
13. ГОСТ 2.759–82. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники: ЕСКД. – Введен впервые 1983-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 14 с.
14. <http://eknigi.org/apparatura/145882-spravochnik-poluprovodnikovym-priboram.html>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

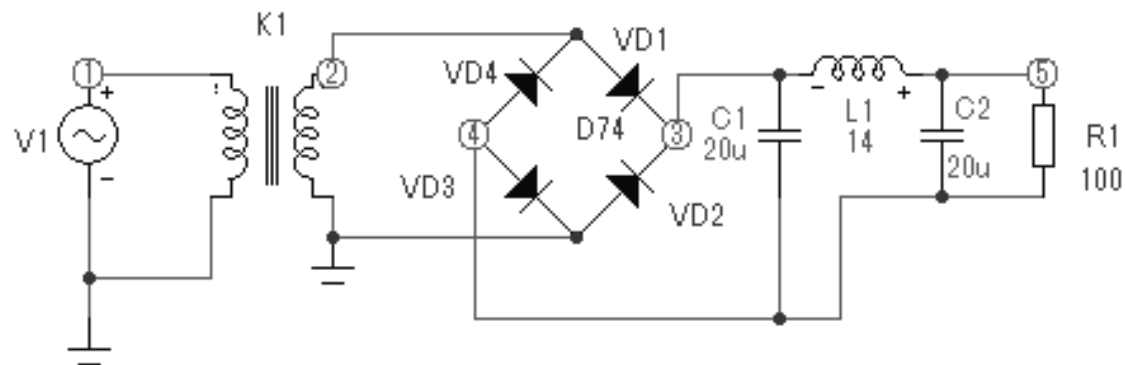
Приложение А



Перечень элементов принципиальной электрической схемы

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Прим.
Конденсаторы			
C1	K7.5 $\mu\Phi$	1	
C2	K2.5 $\mu\Phi$	1	
C3	K47 $\mu\Phi$	1	
Резисторы			
R1, R2	МЛТ-50kОм $\pm 5\%$	2	
R3	МЛТ-4.7Ом $\pm 5\%$	1	
R4	СП1-560Ом $\pm 5\%$	1	
R5	МЛТ-36Ом $\pm 5\%$	1	
Транзисторы			
VT (Q1)	2N4402	1	
V1	Источник переменного сигнала 220В	1	
V2	Источник постоянного напряжения 10В	1	

						03.49.029.16 - АТХ					
						Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты, мостового выпрямителя с CLC-фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления					
Изм	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата						
Разраб.		Петров П.И.				Усилитель НЧ			Стад	Лист	Листов
Пров.		Матвеевко							У		
						Принципиальная электрическая схема НЧ усилителя			БГАТУ №1326029		
Н.контр											
Утв.											



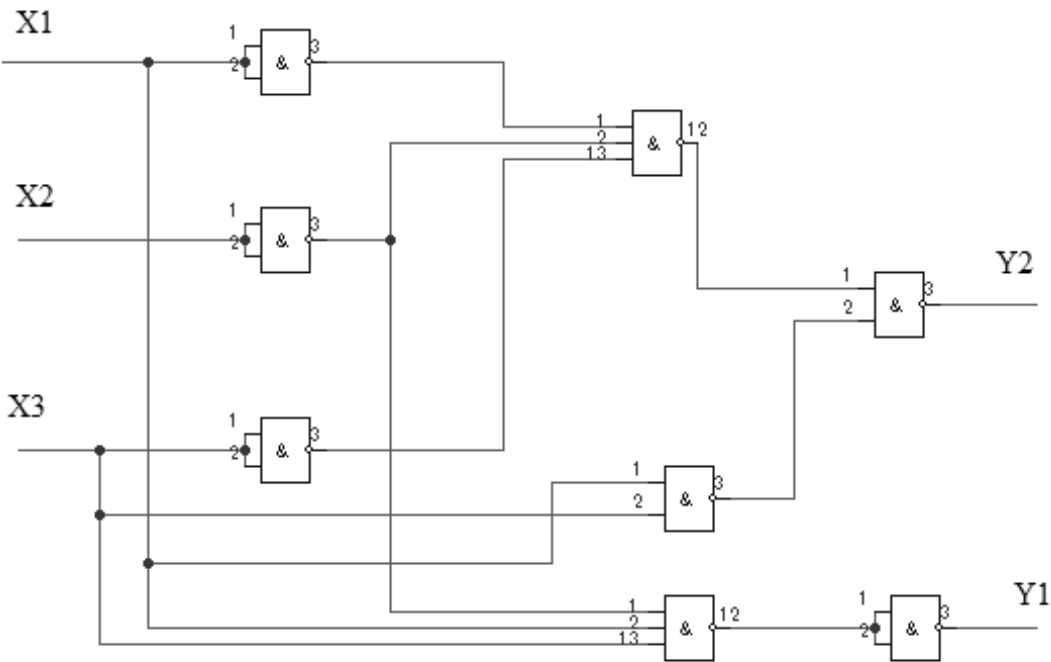
Перечень элементов принципиальной электрической схемы

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Прим.
Конденсаторы			
C1,C2	K20μФ	2	
Катушка индуктивности			
L1	146K	1	
Резисторы			
R1	МЛТ - 100 Ом +5 %	1	
Диоды			
VD1...VD4	D74	4	
V1	Источник переменного сигнала 220В	1	
K1	Трансформатор 20 кВА	1	

						03.49.029.16 - АТХ					
						Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты, мостового выпрямителя с CLC-фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления					
Изм	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата	Однофазный мостовой выпрямитель			Станд	Лист	Листов
Разраб.		Петров П.И.							У		
Пров.		Матвеевко				Принципиальная электрическая схема мостового выпрямителя с CLC-фильтром			БГАТУ №1326029		
Н.контр											
Утв.											

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Прим.
	Конденсаторы		
C1	K0.5 $\mu\Phi$	1	
C2	K1000 $\mu\Phi$	1	
	Стабилитрон		
D1	Д813(1N456)	1	
	Резисторы		
Rn	МЛТ-100Ом $\pm 5\%$	1	
R3	МЛТ-10kОм $\pm 5\%$	1	
R4	МЛТ -18kОм $\pm 5\%$	1	
R5	МЛТ-3,6kОм $\pm 5\%$	1	
R6	МЛТ-3,3kОм $\pm 5\%$	1	
R7	МЛТ-36kОм $\pm 5\%$	1	
R8	МЛТ-1,5kОм $\pm 5\%$	1	
	Транзисторы		
VT1(Q1)	КТ3108А (зарубежный аналог 2N3250)	1	
VT2(Q2), VT3(Q3)	КТ 201Б	2	

						03.49.029.16 - АТХ			
						Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты, мостового выпрямителя с CLC-фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления			
Изм	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата				
Разраб.	Петров П.И.					Компенсационный стабилизатор напряжения	Станд	Лист	Листов
Пров.	Матвеевко						у		
						Принципиальная электрическая схема стабилизатора напряжения	БГАТУ №1326029		
Н.контр									
Утв.									



Перечень элементов

Поз.обозн.	Наименование	Кол.	Прим.
2И-НЕ	K155ЛА3	6	
3И-НЕ	K155ЛА4	2	

						03.49.029.16 - АХТ		
						Расчет и моделирование схемы электронного усилителя низкой частоты, мостового выпрямителя с <i>CLC</i> -фильтром и стабилизатора напряжения, проектирование логической схемы управления		
Изм	Кол.	Лист	№док	Подпись	Дата			
Разраб.		Петров П.И.				Устройство управления	Стад	Лист
Пров.		Матвеев					у	Листов
						Схема управления	БГАТУ №1326029	
Н.контр								
Утв.								

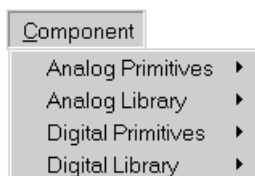
Приложение Б

Основные правила работы с программой Micro-CAP

1 Содержание Меню программы Micro-CAP:



2 При построении схемы использовать кнопку Меню



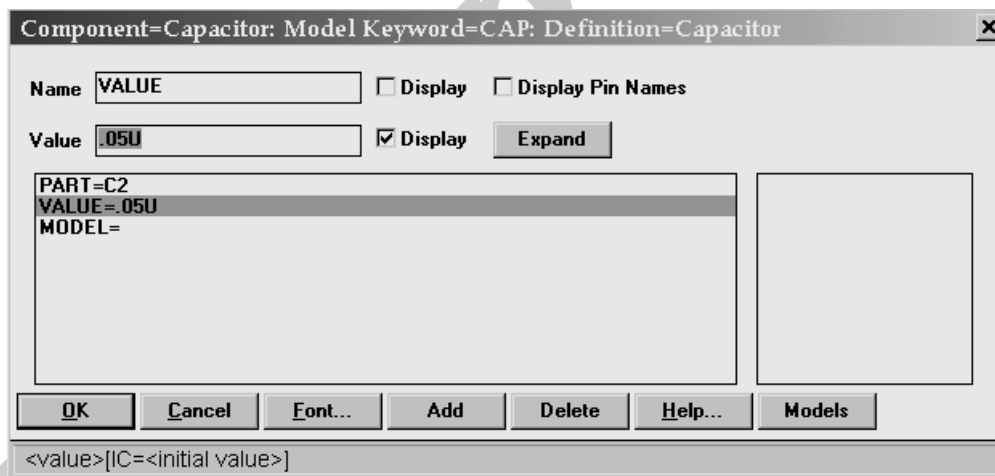
2.1 Для выбора резисторов и конденсаторов:

2.1.1



2.1.2 Установить требуемое номинальное значение R или C .

– двойной щелчок по элементу;



– изменение значения в строке Value. При этом буква u означает микро (10^{-6}), k означает кило (10^3), m означает милли (10^{-3});

– изменение обозначения элемента в строке Part.

2.2 Для выбора источников напряжения:

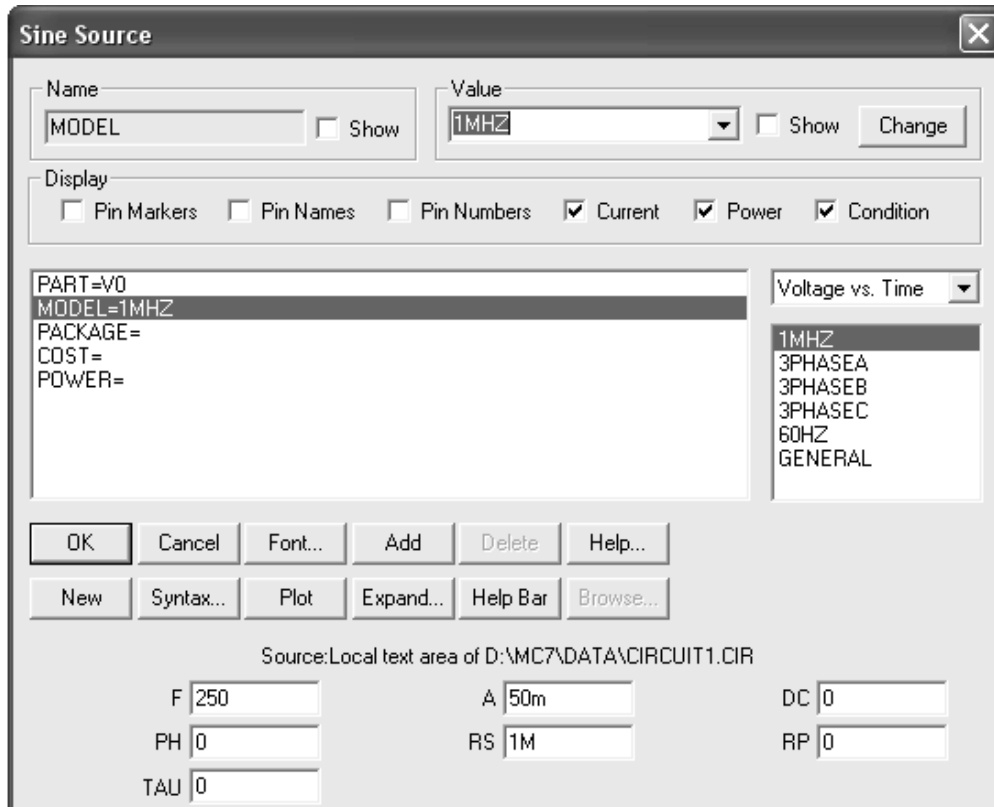
2.2.1



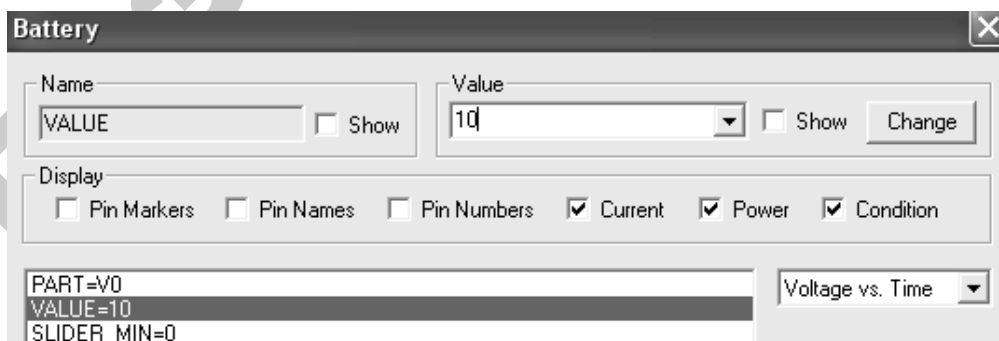
- для источника постоянного напряжения выбрать Battery;
- для источника переменного напряжения выбрать Sine source;

2.2.2 Установить требуемое максимальное значение напряжения источника:

- двойной щелчок по источнику напряжения:
 - для источника переменного напряжения имеем:



- в списке предлагаемых моделей выбрать первую;
- в графе F поставить заданное значение f_n , а в графе A амплитудное значение входного напряжения.
 - для источника постоянного напряжения имеем:

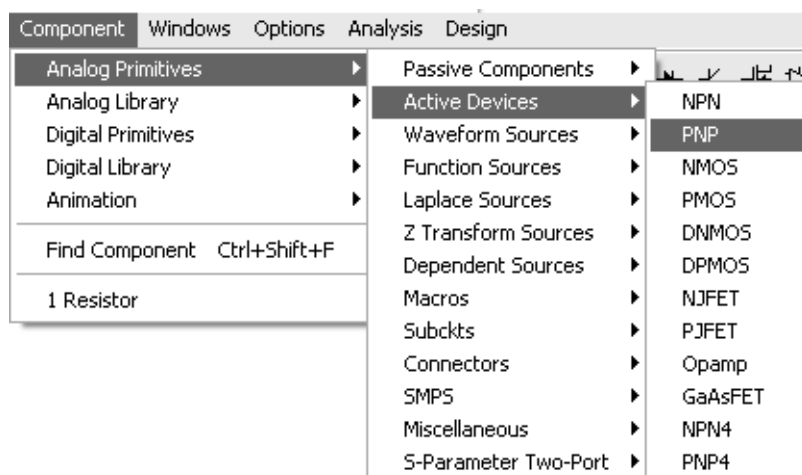


- в строке Value установить значение напряжения источника.

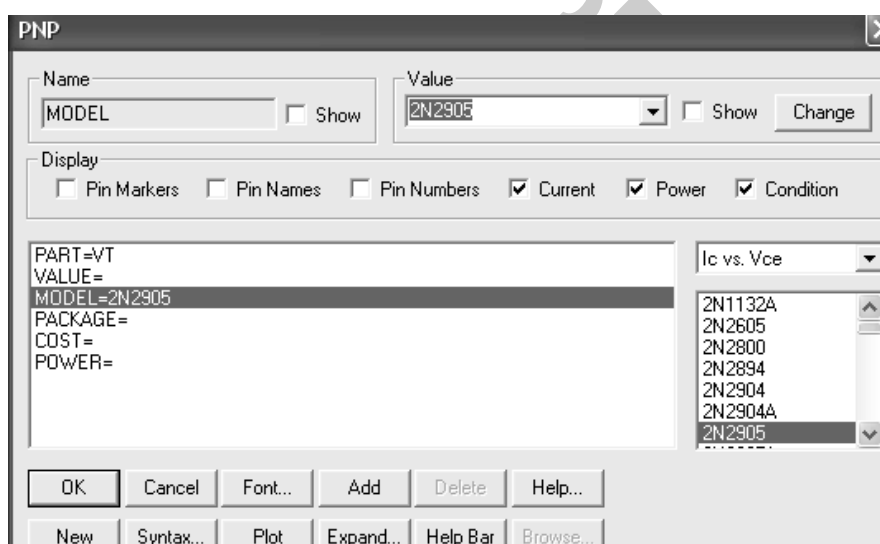
2.3 Для заземления



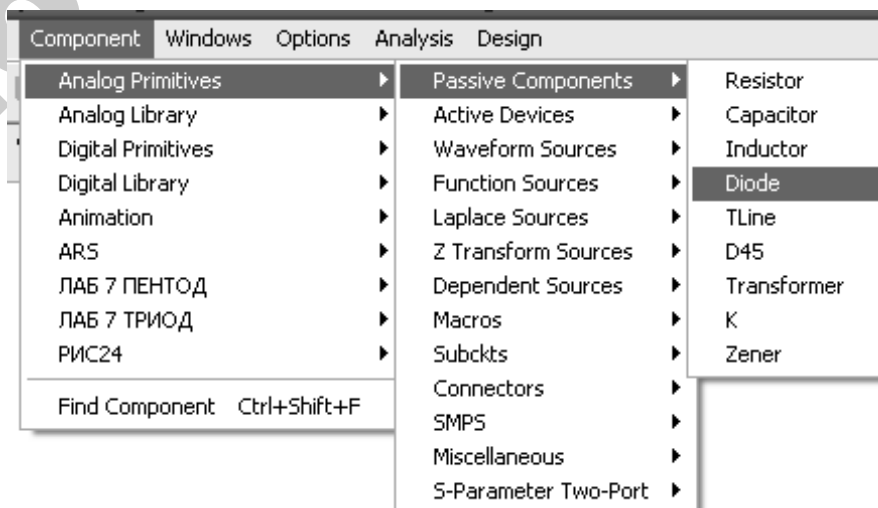
2.4 Для выбора транзистора:

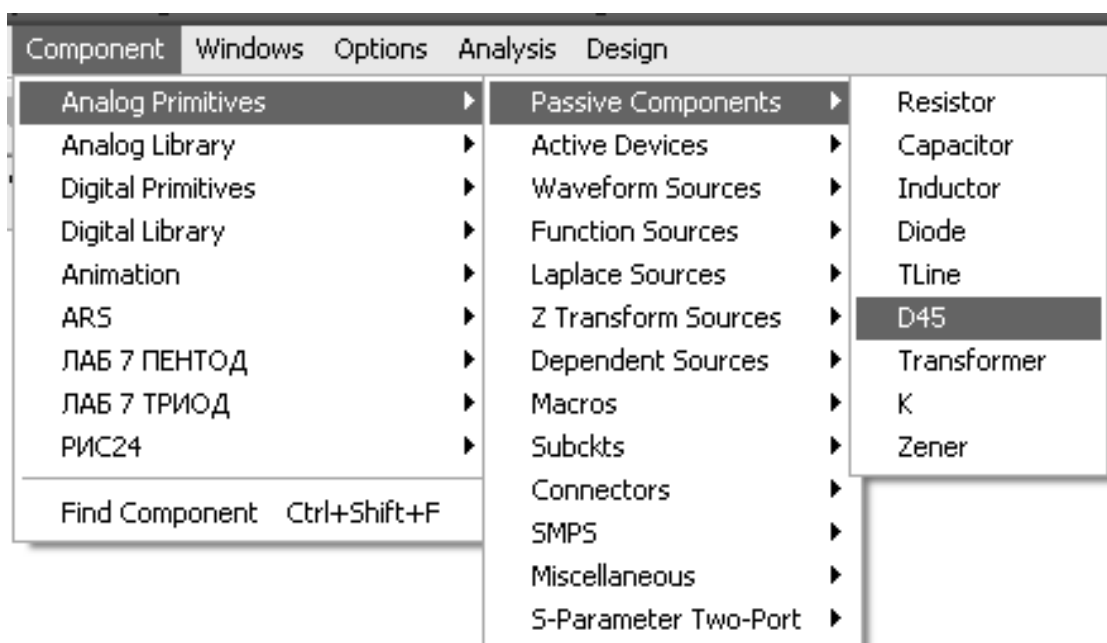


- двойной щелчок по транзистору;
- установить модель транзистора в соответствии с исходным зарубежным аналогом;
- в графе Part набрать обозначение транзистора ИТ.

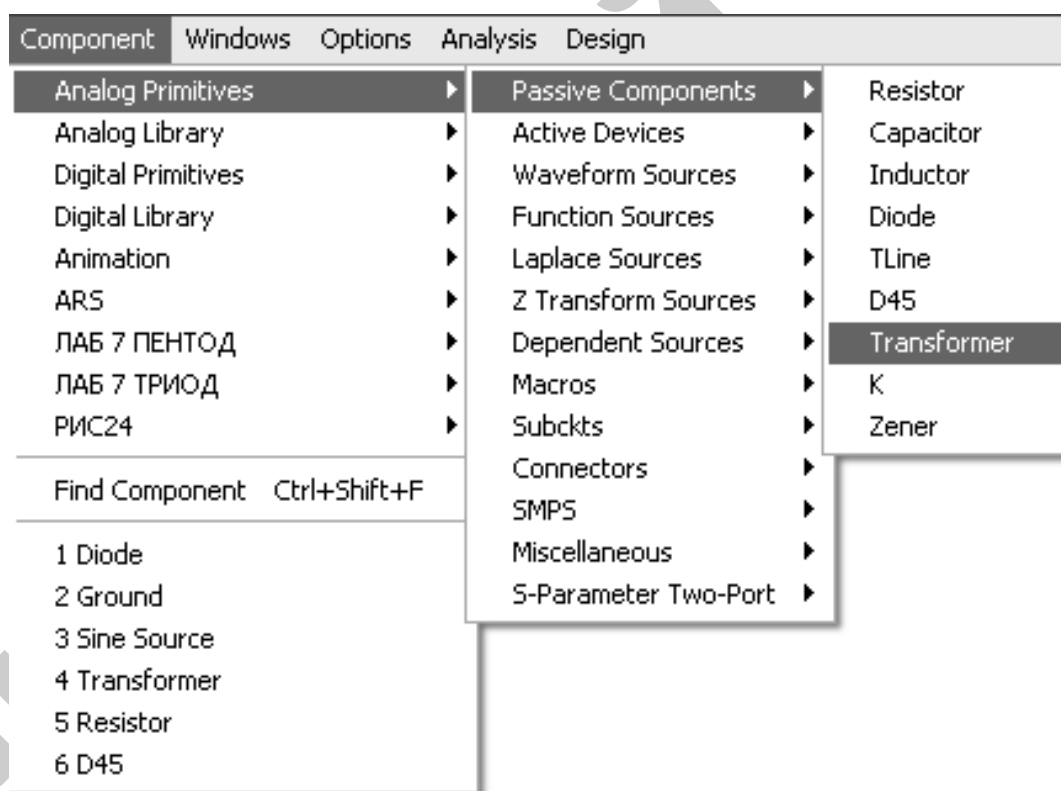


2.5 Для выбора диодов

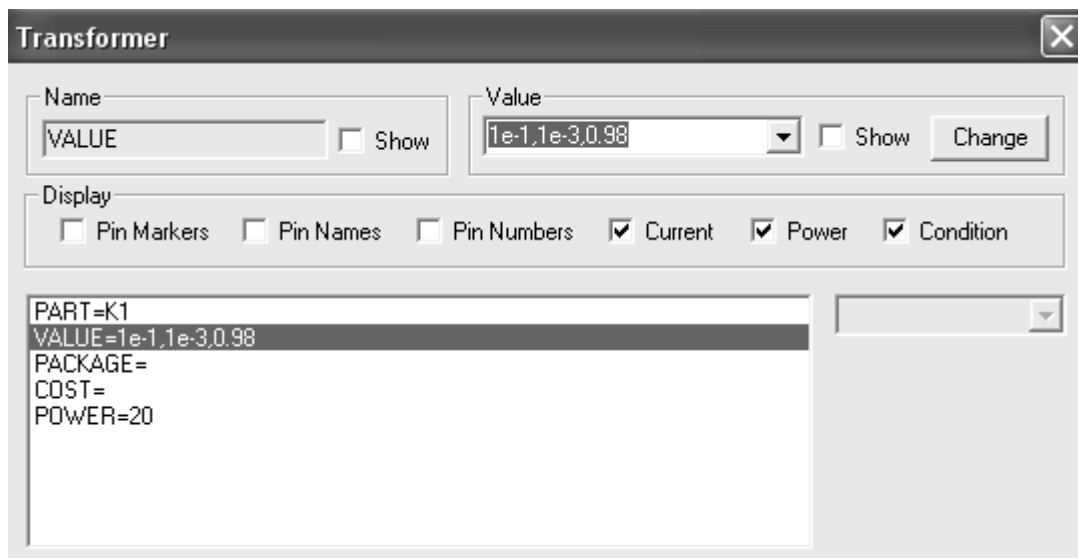




2.6 Для выбора трансформатора:



При установке трансформатора задать его обозначение в графе $PART = K1$ и параметры в графе Value: например, $1e-1$, $1e-3$, $0,98$, где $1e-1$ – значение индуктивности первичной обмотки ($0,1$ Гн), $1e-3$ – значение индуктивности вторичной обмотки ($0,001$ Гн), $0,98$ – связывающий коэффициент. В графе POWER указываем значение мощности трансформатора, в данном примере $POWER = 20$. При определении этих параметров использовать коэффициент трансформации n .



2.7 Для соединения элементов:

используемые кнопки



2.8 При ошибочном соединении ненужную связь необходимо выделить, подведя курсор к линии и, сделав один щелчок, нажать Delete.

2.9 Для обозначения узлов в схеме нажать кн. Node Numbers:



Node Numbers

3 Для получения временных диаграмм:

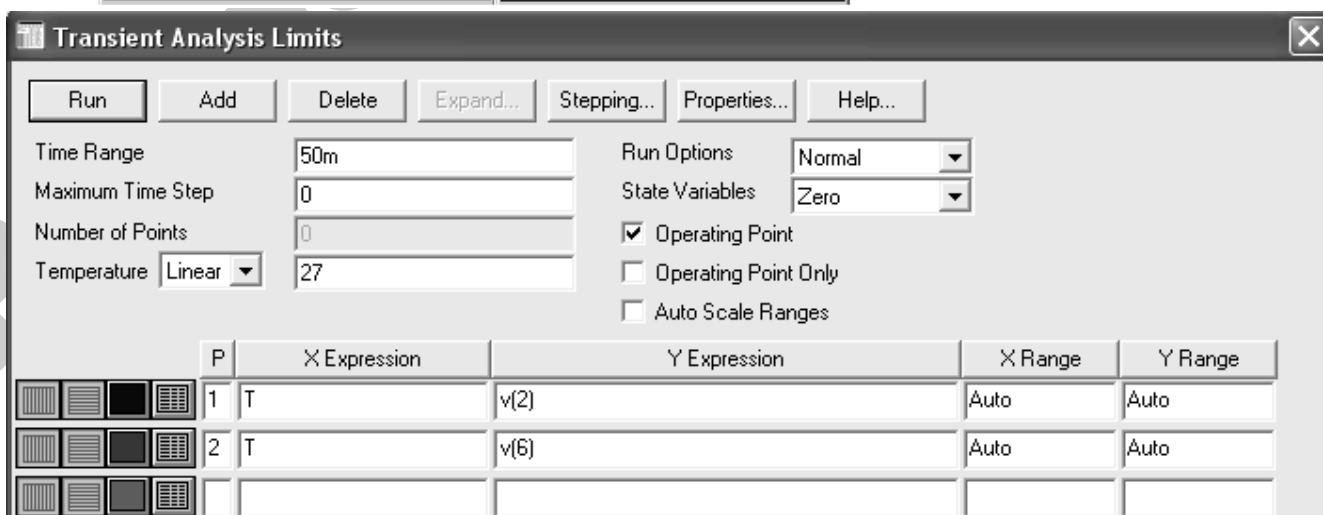
Analysis

Transient Analysis...

Alt+1

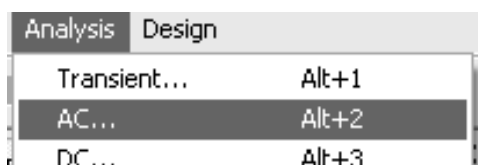
Run

F2



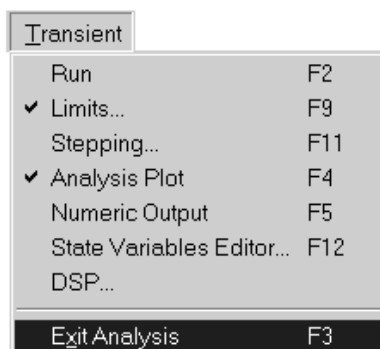
- в строке Time Range устанавливаем максимальное значение на временной оси: начальное значение от 5 *ms* до 50 *ms*;
- в столбце Y Expression в скобках установить номера входного и выходного узлов, например, $v(2)$ и $v(6)$;
- в столбцах X Range и Y Range с помощью правой клавиши установить режим Auto;
- через команду Run просмотреть полученные временные диаграммы.

4 Для получения АЧХ и ФЧХ:

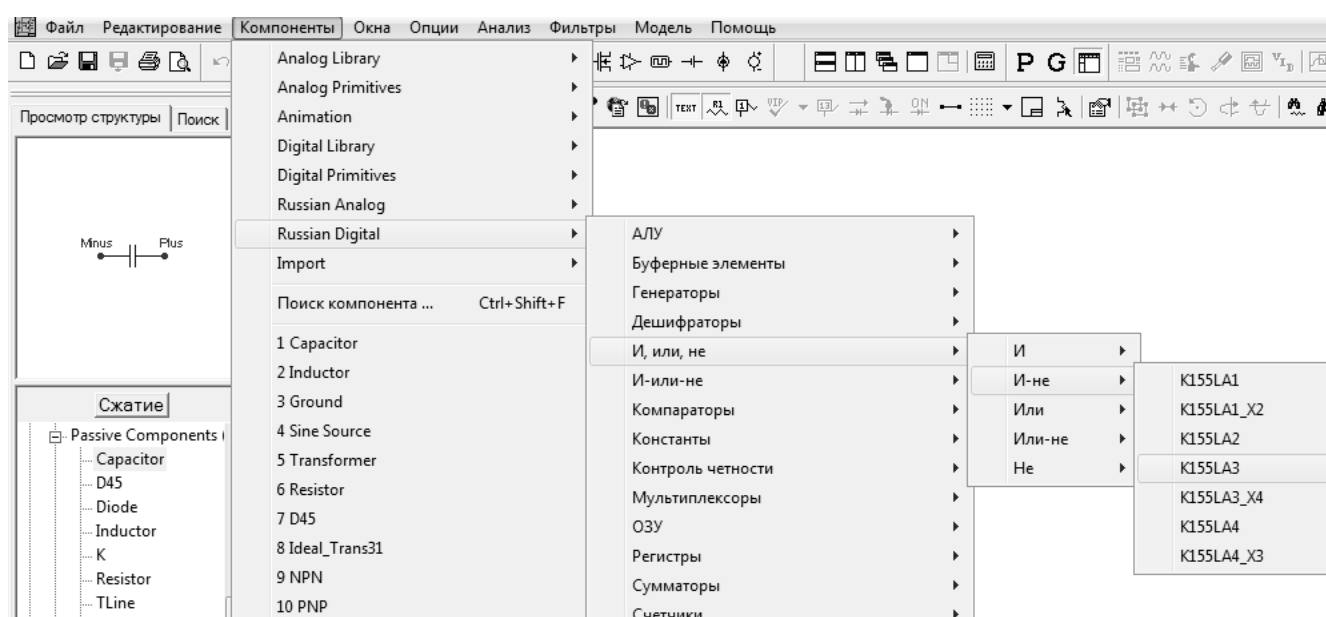


- в столбце Y Expression в строке 1 для АЧХ устанавливаем коэффициент усиления в децибелах в выходном узле: $db(v(6))$;
- в столбце Y Expression в строке 2 для ФЧХ устанавливаем угол сдвига фаз в выходном узле: $ph(v(6))$;
- в столбцах X Range и Y Range с помощью правой клавиши установить режим Auto;
- через команду Run просмотреть полученные АЧХ и ФЧХ.

5 Для выхода из режима Analysis использовать кнопку Меню



6 Для создания логической схемы выбор логических элементов осуществляется в следующей последовательности



При построении схемы можно использовать условное графическое изображение логических элементов как европейское, так и американское.

Приложение В

Справочная информация о типах, параметрах и маркировке активных и пассивных элементов схем

Номинальные значения сопротивлений резисторов

Сопротивления выпускаемых резисторов имеют ограниченный ряд значений, который согласно международному стандарту называется рядом номинальных значений. Следующие величины, равные указанным значениям, умноженным на степень десяти, являются номинальными (число, стоящее после символа E, определяет количество номинальных величин в ряду):

Ряд	Числовые коэффициенты	Допустимые отклонения, %
E6	1,0 1,5 2,2 3,3 4,7 6,8	20 %
E12	1,0 1,5 2,2 3,3 4,7 6,8 1,2 1,8 2,7 3,9 5,6 8,2	10 %
E24	1,0 1,5 2,2 3,3 4,7 6,8 1,1 1,6 2,4 3,6 5,1 7,5 1,2 1,8 2,7 3,9 5,6 8,2 1,3 2,0 3,0 4,3 6,2 9,1	5 %

Номинальные значения емкостей конденсаторов

Каждый ряд задается числовыми коэффициентами. Конденсаторы изготавливают с номинальными емкостями, соответствующими одному из числовых коэффициентов, который надо умножить на 10^n , где для ряда E6 $n = 0, 1, 2, 3, 4$, для ряда E12 $n = 0, 2, 3, 4$, для ряда E24 $n = 2, 3, 4$.

Ряд	Числовые коэффициенты
E6	0,01 0,015 0,022 0,033 0,047 0,068
E12	0,01 0,015 0,022 0,033 0,047 0,068 0,012 0,018 0,027 0,039 0,056 0,082
E24	1,0 1,5 2,2 3,3 4,7 6,8 1,1 1,6 2,4 3,6 5,1 7,5 1,2 1,8 2,7 3,9 5,6 8,2 1,3 2,0 3,0 4,3 6,2 9,1

Маркировка резисторов буквенно-цифровым кодом

Величина	Код	Величина	Код
0,47 Ом	R47	100 Ом	100R
1,0 Ом	1R0	1 кОм	1k0
4,7 Ом	4R7	10 кОм	10k
10 Ом	10R	100 кОм	100k
47 Ом	47R	1 МОм	1M0
		10 МОм	10M

Маркировка конденсаторов

Большинство конденсаторов имеют напечатанные на корпусе величину емкости и рабочее напряжение, т. е. имеют буквенно-цифровую маркировку: номинальную емкость конденсатора указывают в долях фарад: М – микрофарад, Н – нанофарад, П – пикофарад.

Если емкость конденсатора имеет целое число, то единицу этой величины пишут после числа: например, 33 П – 33 пФ. Если емкость выражается десятичной дробью меньше единицы, то буквенное обозначение ставят вместо нуля и запятой впереди числа: Н33 – 0,33 нФ. Если емкость выражается десятичной дробью больше единицы, то буквенное обозначение ставят вместо запятой: 6П8 – 6,8 пФ.

Может использоваться цветовая маркировка, как у резисторов, при этом величина емкости указывается в пикофарадах.

Маркировка индуктивности

Кодовая маркировка индуктивностей. Обычно для индуктивностей кодируется номинальное значение индуктивности и допуск, т. е. допускаемое отклонение от указанного номинала. Номинальное значение кодируется цифрами, а допуск – буквами.

Первые две цифры указывают значение в микрогенри (мкГн, μH), последняя – количество нулей. Следующая за цифрами буква указывает на допуск. Например, код 101J обозначает $100 \text{ мкГн} \pm 5 \%$. Если последняя буква не указывается –

допуск 20 %. Исключения: для индуктивностей меньше 10 мкГн роль десятичной запятой выполняет буква *R*, а для индуктивностей меньше 1 мкГн – буква *N*.

Допуск: $D = \pm 0,3 \text{ нГн}$; $J = \pm 5 \%$; $K = \pm 10 \%$; $M = \pm 20 \%$.

Примеры обозначений:

2N2D – 2,2 нГн $\pm 0,3 \text{ нГн}$

1R0K – 1,2 мкГн $\pm 10 \%$

470K – 47 мкГн $\pm 10 \%$

2R2K – 2,2 мкГн $\pm 10 \%$

680K – 68 мкГн $\pm 10 \%$

R10M – 0,10 мкГн $\pm 20 \%$

4R7K – 4,7 мкГн $\pm 10 \%$

151K – 150 мкГн $\pm 10 \%$

220K – 22 мкГн $\pm 10 \%$

681J – 680 мкГн $\pm 10 \%$

1R0K – 1,2 мкГн $\pm 20 \%$

102 – 1000 мкГн $\pm 10 \%$

Примеры типов отечественных биполярных транзисторов и их параметров (справочная информация)

Тип элемента	$I_K \text{ max, mA}$	$I_{K, \text{н max, mA}}$	$U_{KЭR \text{ max}} (U_{KЭ0 \text{ max}}), \text{В}$	$U_{КВ0 \text{ max, В}}$	$U_{ЭВ0 \text{ max, В}}$	$P_K \text{ max} (P \text{ max}), \text{ мВт}$	$T, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{п max}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$	$h_{21э} (h_{21Э})$	$U_{КВ} (U_{КЭ}), \text{В}$	$I_{Э} (I_K), \text{mA}$	$U_{КЭ \text{ нас, В}}$	$I_{КВ0} (I_{КЭR}), \text{мкА}$	$f_{\text{гр}} (f_{H21}), \text{МГц}$	$C_K, \text{пф}$	$R_{\text{Г п-к}} (R_{\text{Г п-к}}), ^\circ\text{C/Вт}$
ГТ122А	20	150	(35)	30		(150)	55	85	70	(15...45)	(5)	1		20	(1)		200
ГТ122Б	20	150	(20)	20		(150)	55		70	(15...45)	(5)	1		20	(1)		200
ГТ122В	20	150	(20)	20		(150)	55		70	(30...60)	(5)	1		20	(2)		200
ГТ122Г	20	150	(20)	20		(150)	55		70	(30...60)	(5)	1		20	(2)		200
КТ127А-1	50		(25)	25		15	70	125	85	(15...60)	(5)	1	0.5	1	0.1	5	300
КТ127Б-1	50		(25)	25		15	70	125	85	(40...200)	(5)	1	0.5	1	0.1	5	300
КТ127В-1	50		(45)	45		15	70	125	85	(15...60)	(5)	1	0.5	1	0.1	5	300
КТ127Г-1	50		(45)	45		15	70	125	85	(40...200)	(5)	1	0.5	1	0.1	5	300
КТ302А	10		15	15	4	100	35		85	110...250	(1)	0.11		1			
КТ302Б	10		15	15	4	100	35		85	90...150	(3)	2		1			
КТ302В	10		15	15	4	100	35		85	110...250	(1.5)	0.5		1			
КТ302Г	10		15	15	4	100	35		85	200...800	(3.5)	5		1			
М3А	50	100	(15)	15	10	75	25		73	(18...55)	1	10	0.5	(20)	1	35	800
МП10	20	150	(15)	15	15	(150)	55	85	70	10...30	5	1		30	(1)	60	200
МП101	20	100	20	20	20	150	75	150	125	10...25	5	1		(3)	(0.5)	150	556
МП101А	20	100	10	10	10	(150)	75	150	125	10...30	5	1		1	(0.5)	150	283
МП101Б	20	100	20	20	20	150	75	150	125	15...45	5	1		(3)	(0.5)	150	556
МП102	20	100	10	10	10	(150)	75	150	125	15...45	5	1		(3)	(0.5)	150	283
МП103	20	100	10	10	10	(150)	75	150	125	15...45	5	1		(3)	(1)	150	283
МП103А	20	100	10	10	10	(150)	75	150	125	10...30	5	1		(3)	(1)	150	283

Примеры типов зарубежных аналогов биполярных транзисторов и их параметров (справочная информация)

Тип элемента	Материал	$I_K \text{ max, mA}$	$I_{K,и} \text{ max, mA}$	$U_{KЭR} \text{ max, В}$	$U_{KЭ0} \text{ max, В}$	$U_{KБ0} \text{ max, В}$	$U_{ЭБ0} \text{ max, В}$	$P_{K, max} (P_{max}), \text{ мВт}$	$T, ^\circ\text{C}$	$T_{п \text{ max}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$	$h_{21э} (h_{21э})$ [$S_{21} \text{ дБ}$]	$U_{КБ} (U_{КЭ}), \text{ В}$	$I_{э} (I_K), \text{ mA}$	$U_{КЭ \text{ нас}}, \text{ В}$	$I_{КБ0} (I_{КЭR}), \text{ мкА}$	$f_{гр} (f_{h21}), \text{ МГц}$	$C_K, \text{ пф}$
2N1000	Ge				25	40		150			100	25	0.5	100		15	7	20
2N1005	Si	25			15	15		150			175	10	5	10		0.1		
2N1006	Si	25			15	15		150			175	25	5	10		0.1		
2N1010	Ge	2			10	10		20			60	35	3	0.3		10	2	
2N1012	Ge				22	40		150			100	40	0.25	100		5	3	20
2N103	Ge	10				35		50			75	4	4.5	1		50	0.75	20
2N1058	Ge	50			20			50			75	10	6	1		50	6	10
2N1059	Ge	100			15	40		180			75	75	6	35		50	0.01	
2N1074	Si	100			40	50		250			150	14	5	5		1	0.2	65
2N1075	Si	50			35	50		250			150	25	5	50		1	0.3	65
2N1076	Si	50			30	50		250			150	50	5	5		1	0.4	65
2N1077	Si	50			35	50		250			150	9	6	1		1	0.2	70
2N1082	Si	50			25	25		200			175	10	5	10		0.5		5
2N1086A	Ge	20			9	9		65			100	40	5	1		3	8	
2N1087	Ge	20			9	9		65			100	40	5	1		3	8	
2N1088	Ge	20			9	9		65			100	40	5	1		3	8	
2N1090	Ge	400			15	25		120			100	50	0.2	20		25	7	17

Учебное издание

Матвеевко Ирина Петровна

**ЭЛЕКТРОНИКА И ОСНОВЫ
МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *И. И. Гируцкий*

Редактор *Г. В. Анисимова*

Корректор *Г. В. Анисимова*

Компьютерная верстка *Е. А. Хмельницкой*

Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 30.06.2017. Формат 60×84¹/₈.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 67 экз. Заказ 36.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.