

УДК 621.385

Г

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,
протокол № от 2015г

Галочкин В.А.

**Г Схемотехника телекоммуникационных устройств.
Методические разработки по лабораторным работам.
Часть 1. «Схемотехника аналоговых электронных
устройств»: учебное пособие / В.А.Галочкин - Самара:
ПГУТИ, 2016 - 403с.**

В учебном пособии «Схемотехника телекоммуникационных устройств. Методические разработки по лабораторным работам. Часть 1. «Схемотехника аналоговых электронных устройств» рассматривается элементная база устройств полупроводниковой электроники; исследуются принципы построения и схемотехника аналоговых телекоммуникационных электронных устройств.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями ФГОС ВПО 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; 11.03.01 «Радиотехника» и предназначено для студентов (бакалавров и специалистов) 3-4-х курсов телекоммуникационных и радиотехнических специальностей дневной и заочной формы обучения для проведения лабораторных работ, а также для инженерно-технических работников, изучающих электронику.

ISBN

©, Галочкин В.А., 2016

Оглавление

| | |
|---|----|
| Список сокращений и обозначений | 5 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
| Раздел 1. Подготовка оборудования к выполнению лабораторных работ. Содержание и оформление отчета по лабораторной работе. Литература..... | 10 |
| 1.1. Подготовка оборудования к выполнению лабораторных работ..... | 10 |
| 1.2. Требования к содержанию и оформлению отчета по лабораторной работе..... | 14 |
| 1.3. Данные для построения логарифмической шкалы | 16 |
| 1.4. «Форма титульного листа для отчета по лабораторной работе | 17 |
| Раздел 2. Тема: требования к цепям питания усилительных элементов. Стабилизация режима транзистора. | |
| Краткие основные теоретические положения | 19 |
| 2.1. Нестабилизированные цепи питания | 20 |
| 2.1.1. <i>Смещение фиксированным током базы</i> | 20 |
| 2.1.2. <i>Смещение фиксированным напряжением база—эмиттер</i> | 22 |
| 2.2. Стабилизация режима транзистора | |
| 2.2.1. <i>Эмиттерная стабилизация</i> | 25 |
| 2.2.2. <i>Цепи смещения с температурной стабилизацией</i> | 28 |
| 2.3. Цепи смещения без стабилизации режимов полевых транзисторов | 30 |
| 2.4. Цепи смещения со стабилизацией режима..... | 31 |
| 2.5. Генераторы стабильного тока (ГСТ) | |
| 2.5.1. <i>Принцип работы ГСТ</i> | 33 |
| 2.5.2. <i>Схемы ГСТ</i> | 36 |
| 2.6. Экспериментальная проверка основных положений | |
| Лабораторная работа №1 | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ СМЕЩЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ ТРАНЗИСТОРА | |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 40 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ..... | 40 |

часть 1
«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

| | |
|--|----|
| 3. ЛИТЕРАТУРА | |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 41 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 41 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | |
| Задание 1. Исследование схемы смещения фиксированным током | 44 |
| Задание 2. Исследование схемы смещения фиксированным напряжением | 46 |
| Задание 3. Исследование схемы эмиттерной стабилизации положения рабочей точки..... | 48 |
| Задание 4. Исследование схемы термокомпенсации | 49 |
| Задание 5. Исследование схемы с генератором стабильного тока..... | 50 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 52 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 52 |
| 9. Приложение: методические указания по выполнению расчетов. Исходные данные для расчетов. Сравнение расчетных данных с результатами эксперимента..... | 55 |
| 9.1. Данные эксперимента: | 55 |
| 9.2. Выполнение теоретических расчетов и их сравнение с экспериментальными данными | 55 |
| 9.2.1. <i>Схема смещения фиксированным током базы (ФТ)</i> | 55 |
| 9.2.2. <i>Схема смещения фиксированным напряжением базы (ФН)</i> | 59 |
| 9.2.3. <i>Схема эмиттерной стабилизации (ЭС)</i> | 62 |
| Раздел 3. Тема: основные свойства транзисторов, включенных по схемам с общим эмиттером, общей базой и общим коллектором. Принцип электронного усиления. Резисторный апериодический предварительный усилитель напряжения. Краткие основные теоретические положения | |
| 3.1. Основные свойства транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером..... | 67 |

| | |
|---|-----|
| 3.2. Основные свойства транзистора, включенного по схеме с общей базой..... | 70 |
| 3.3. Основные свойства транзистора, включенного по схеме с общим коллектором..... | 72 |
| 3.4. Принцип электронного усиления | 73 |
| 3.5. Динамические и нагрузочные характеристики | 75 |
| 3.6. Резисторный апериодический предварительный усилитель напряжения..... | 77 |
| 3.6.1. АЧХ резисторного каскада на биполярном транзисторе..... | 78 |
| 3.7. Экспериментальная проверка основных положений | |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БИПОЛЯРНОГО | |
| ТРАНЗИСТОРА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ЕГО ПО СХЕМАМ С | |
| ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ (ОЭ), ОБЩЕЙ БАЗОЙ (ОБ) И | |
| ОБЩИМ КОЛЛЕКТОРОМ (ОК) | |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 86 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ..... | 87 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 87 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 87 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 87 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 88 |
| Задание 1. Исследование схемы включения усилительного элемента (УЭ) в схеме с общим эмиттером (ОЭ) | 88 |
| Задание 2. Исследование схемы включения УЭ с ОБ..... | 93 |
| Задание 3. Исследование схемы включения УЭ с ОК..... | 96 |
| 4. Задание 4. Выполнить теоретические расчеты | 100 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 103 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 103 |
| 9. Приложение: исходные данные для расчетов; обработка результатов эксперимента; методические указания по выполнению расчетов;..... | 104 |
| 9.1. Требования к расчетной части лабораторной работы и исходные данные | 104 |

| | |
|---|-----|
| 9.2. Общие замечания по обработке результатов экспериментов и для проведения расчетов..... | 105 |
| 9.3. Методические указания по обработке результатов экспериментов | 105 |
| 9.4. Последовательность выполнения теоретических расчётов | |
| 9.4.1. Расчет для схемы с ОЭ (вариант $R_n = \infty$) | 107 |
| 9.4.2. Расчет для схемы с ОЭ (вариант $R_n = 360 \text{ Ом}$) | 112 |
| 9.4.3. Расчет для схемы с ОБ(вариант $R_n = \infty$)..... | 114 |
| 9.4.4. Расчет для схемы с ОБ(вариант $R_n = 360 \text{ Ом}$) | 118 |
| 9.4.5. Расчет для схемы с ОК(вариант $R_n = \infty$)..... | 118 |
| 9.4.6. Расчет для схемы с ОК(вариант $R_n = 360 \text{ Ом}$)..... | 120 |
| Раздел 4. Тема: обратная связь в аналоговых электронных устройствах и ее влияние на их параметры и свойства | |
| Краткие теоретические сведения | 121 |
| 4.1. Виды обратной связи | 121 |
| 4.1.1. Параллельная по входу и выходу ОС..... | 122 |
| 4.1.2. Последовательная по входу и выходу обратная связь..... | 124 |
| 4.1.3. Последовательная по входу и параллельная по выходу обратная связь | 126 |
| 4.1.4. Параллельная по входу и последовательная по выходу ОС | 128 |
| 4.2. Влияние ОС на коэффициенты усиления..... | 130 |
| 4.3. Влияние отрицательной обратной связи на входные и выходные сопротивления (проводимости) | 134 |
| 4.3.1. Влияние отрицательной обратной связи на входное сопротивление..... | 134 |
| 4.3.2. Влияние отрицательной обратной связи на выходное сопротивление..... | 136 |
| 4.4. Влияние ОС на амплитудно-, фазочастотные и переходные характеристики (линейные искажения) | |
| 4.4.1. Частотно-независимая ОС | 139 |
| 4.4.2. Частотно-зависимая ОС..... | 142 |
| 4.5. Экспериментальная проверка основных положений | |

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ В УСИЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

| | |
|---|-----|
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 144 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ..... | 144 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 144 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 145 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 145 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | |
| Задание 1. Исследование влияния ООС на усилительные свойства усилителя и стабильность сквозного коэффициента усиления напряжения..... | 146 |
| 1.1. Режим работы усилителя без ООС | 146 |
| 1.2. Режим работы усилителя с отрицательной параллельной обратной связью по напряжению..... | 148 |
| 1.3. Режим работы усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току..... | 149 |
| 1.4. Режим работы усилителя с отрицательной комбинированной по входу и выходу обратной связью | 149 |
| 1.5. Режим работы усилителя без ООС и с последовательной ООС по току при напряжении питания усилителя +20 В..... | 150 |
| Задание 2. Исследование влияния ООС на амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) усилителя | 152 |
| Задание 3. Исследование влияния ООС на входное сопротивление усилителя | 155 |
| Задание 4. Исследование влияния ООС на выходное сопротивление усилителя | 156 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 158 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 158 |

часть 1
«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

| | |
|--|------------|
| 9. Приложение: методические указания по выполнению расчетов. Исходные данные для расчетов. Сравнение расчетных данных с результатами эксперимента..... | 160 |
| 9.1. Исходные данные и требования к расчетной части лабораторной работы..... | 160 |
| 9.2. Последовательность проведения расчетов..... | 161 |
| 9.2.1. <i>Последовательность проведения расчетов для усилителя без ООС.....</i> | <i>161</i> |
| 9.2.2. <i>Последовательность проведения расчетов для усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току.....</i> | <i>166</i> |
| Раздел 5. Тема: широкополосные (импульсные) усилители. Коррекция амплитудно-частотных характеристик | |
| Основные краткие теоретические сведения | |
| 5.1. Широкополосные (импульсные) каскады. Площадь усиления..... | 169 |
| 5.2. Низкочастотная коррекция | 176 |
| 5.2.1. <i>НЧ коррекция с помощью цепочки $R_{\phi}C_{\phi}$</i> | <i>176</i> |
| 5.2.2. <i>НЧ коррекция с помощью ООС.....</i> | <i>182</i> |
| 5.3. ВЧ коррекция с помощью ООС..... | 181 |
| 5.4. Экспериментальная проверка основных положений | 184 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО И ИМПУЛЬСНОГО УСИЛИТЕЛЯ | 184 |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 184 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ..... | 184 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 184 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 185 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 185 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 186 |
| Задание 1. Исследование широкополосного импульсного некорректированного каскада | 186 |
| Задание 2. Исследование широкополосного импульсного каскада с частотнонезависимой ООС | 192 |

| | |
|---|-----|
| Задание 3. Исследование широкополосного импульсного каскада с высокочастотной эмиттерной коррекцией..... | 195 |
| Задание 4. Исследование широкополосного импульсного каскада с низкочастотной коррекцией | 197 |
| Задание 5. Исследование временных характеристик рассматриваемых каскадов..... | 200 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 204 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 204 |
| 9. Приложение: методические указания по выполнению расчетов; исходные данные для расчетов; обработка результатов эксперимента | |
| 9.1. Основные расчетные соотношения | 206 |
| 9.2. Исходные данные и требования к расчетной части лабораторной работы..... | 207 |
| 9.3. Последовательность проведения расчетов | |
| 9.3.1. <i>Последовательность проведения расчетов для некорректированного резисторного каскада.....</i> | 208 |
| 9.3.2. <i>Последовательность проведения расчетов для каскада с частотно-независимыми цепями ОС.....</i> | 211 |
| Раздел 6. Тема: операционные усилители..... | 214 |
| 6.1 Операционные усилители. Определения, структура..... | 215 |
| 6.2 Схемотехника ОУ | 220 |
| 6.2.1. <i>Элементарная (упрощенная) схема входного каскада.....</i> | 220 |
| 6.2.2. <i>Упрощенная типовая схема входного каскада ОУ первого поколения.....</i> | 221 |
| 6.2.3. <i>Схема входного каскада ОУ второго поколения.....</i> | 222 |
| 6.2.4. <i>Схема входного каскада ОУ третьего поколения</i> | 223 |
| 6.2.5. <i>Промежуточные каскады</i> | 224 |
| 6.2.6 <i>Выходные каскады</i> | 225 |
| 6.3. Основные параметры ОУ | 227 |
| 6.4. Схемы сдвига уровней | 229 |
| 6.5. Схемотехника аналоговых устройств на основе операционных усилителей..... | 231 |
| 6.5.1. <i>Инвертирующий усилитель</i> | 232 |

| | |
|---|-----|
| 6.5.2. Неинвертирующий усилитель..... | 236 |
| 6.5.3. Дифференциальный усилитель..... | 237 |
| 6.5.4. Инвертирующий сумматор..... | 239 |
| 6.5.5. Сумматор на основе неинвертирующего усилителя..... | 240 |
| 6.5.6. Интегрирующий усилитель..... | 241 |
| 6.5.7. Дифференцирующий усилитель..... | 243 |
| 6.5.8. Логарифмический и антилогарифмический усилители..... | 245 |
| 6.5.9. Аналоговый множитель..... | 249 |
| 6.5.10. Применение аналоговых множителей..... | 250 |
| 6.5.11. Множитель с переменной крутизной (общий принцип)..... | 252 |
| 6.5.12. Повторитель напряжения)..... | 254 |
| 6.6. Экспериментальная проверка основных положений..... | 256 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-1 | |
| Исследование интегрального операционного усилителя и схем на его основе (определение параметров ОУ) | |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 256 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ..... | 256 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА..... | 256 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 256 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 257 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ..... | 258 |
| Задание 1. Измерение коэффициентов усиления ОУ типа 140УД8 для инвертируемого и неинвертируемого входов..... | 258 |
| Задание 2. Измерение входного сопротивления ОУ типа 140УД8 для инвертирующего и неинвертирующего входов..... | 265 |
| Задание 3. Проверка изменения полярности сигнала в схеме с ОУ при подаче его на инвертируемый и неинвертируемый вход..... | 267 |
| Задание 4. Измерение выходного сопротивления ОУ типа 140УД8 для инвертирующего и неинвертирующего входов..... | 268 |

| | |
|--|-----|
| Задание 5. АЧХ ОУ типа 140УД для инвертирующего и неинвертирующего входов | 270 |
| 5.2 АЧХ ОУ типа 140УД для неинвертирующего входа | 271 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 272 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 273 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-2 | |
| Исследование интегрального операционного усилителя и схем на его основе (исследование свойств сумматоров, повторителей напряжения, интеграторов и дифференциаторов) | 275 |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 275 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ..... | 275 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 275 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 276 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 277 |
| Задание 1. Исследование инвертирующего сумматора на ОУ типа 140УД8..... | 277 |
| Задание 2. Испытание инвертирующего масштабного усилителя на ОУ типа 140УД8..... | 278 |
| Задание 3. Испытание неинвертирующего повторителя напряжения на ОУ типа 140УД8..... | 280 |
| Задание 4. Исследование инвертирующего интегратора на ОУ 140УД8..... | 281 |
| Задание 5. Исследование инвертирующего дифференциатора на ОУ типа К140УД8..... | 283 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 285 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 285 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-3 | |
| Исследование свойств аналоговых перемножителей напряжений (устройств умножения, деления)..... | 287 |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 287 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ | 287 |

| | |
|--|-----|
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 287 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ | 287 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ | 288 |
| К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ | 288 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 288 |
| Задание 1. Снять характеристику логарифмического каскада | |
| умножителя. | 288 |
| Задание 2. Исследование устройства умножения | 293 |
| Задание 3. Исследование устройства аналогового | |
| умножителя в режиме деления. | 298 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА | 300 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО | |
| ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 300 |
| 9. Приложение: основы теории умножения, использующей | |
| метод переменной крутизны. Описание принципиальной схемы | |
| умножителя напряжений. | 302 |
| 9.1. Схема простого умножения | 302 |
| 9.2. Анализ исследуемой схемы | 307 |
| 9.3. Четырехквadrантный блок аналогового умножения | |
| напряжений. | 308 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-4 | |
| Исследование аналоговых перемножителей напряжений | |
| (устройств возведения в квадрат, извлечения корня | |
| квадратного) | |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ | 313 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ | |
| СВЕДЕНИЙ | 315 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 315 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ | 313 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ | |
| ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ | 314 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ | 315 |
| Задание 1. Снять характеристику логарифмического | |
| каскада умножителя. | 315 |
| Задание 2 . Исследование устройства аналогового | |
| умножения в режиме «возведение в квадрат» | 319 |

| | |
|--|-----|
| Задание 3 . Исследование устройства аналогового умножения в режиме «взятия корня квадратного»..... | 321 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 323 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 323 |
| Раздел 7. Тема: активные фильтры на основе операционных усилителей..... | 326 |
| 7.1. Активный RC – фильтр нижних частот первого порядка..... | 327 |
| 7.2. Обобщенное описание фильтра..... | 328 |
| 7.3. Реализация ARC – фильтра нижних частот первого порядка..... | 331 |
| 7.4. Преобразование фильтра НЧ в фильтр ВЧ..... | 332 |
| 7.5. Реализация ARC-фильтра ВЧ первого порядка | 334 |
| 7.6. Реализация ARC – фильтров НЧ и ВЧ второго порядка..... | 334 |
| 7.6.1. <i>Фильтр НЧ со сложной ООС</i> | 335 |
| 7.6.2. <i>ФНЧ на основе положительной обратной связи</i> | 336 |
| 7.7. Преобразование фильтров НЧ и ВЧ в полосовой фильтр | 338 |
| 7.8. Реализация ПФ второго порядка | 341 |
| 7.9. Экспериментальная проверка основных положений | |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-1 | |
| Исследование схем активных RC-фильтров НЧ и ВЧ первого порядка | |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 344 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ | 347 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 347 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 345 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 345 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 346 |
| Задание 1. Исследование схемы фильтра нижних частот первого порядка..... | 346 |

часть 1
«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

| | |
|--|-----|
| Задание 2. Исследование схемы фильтра верхних частот первого порядка..... | 349 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 353 |
| 9. Приложение: исходные данные и формулы для расчетов.... | 355 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-2 | |
| Исследование схем активных RC-фильтров ФНЧ и ФВЧ второго порядка | 359 |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 359 |
| 3. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ | 360 |
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 360 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 359 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 360 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 360 |
| 6.1. Фильтр нижних частот с критическим затуханием (фильтр Саллена и Кея) | 361 |
| 6.2. Фильтр нижних частот Баттерворта: | 363 |
| 6.3. Фильтр нижних частот Чебышева: | 364 |
| 6.4. Фильтр нижних частот Бесселя: | 365 |
| 6.5. Фильтр верхних частот с критическим затуханием (фильтр Саллена и Кея) | 366 |
| 6.6. Фильтр верхних частот Баттерворта: | 369 |
| 6.7. Фильтр верхних частот Чебышева: | 370 |
| 6.8. Фильтр верхних частот Бесселя: | 371 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 373 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 373 |
| 9. Приложение: исходные данные и формулы для расчетов.... | 375 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-3 | |
| Исследование схем активных полосовых RC-фильтров:..... | 377 |
| 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ..... | 377 |
| 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ | 380 |

часть 1
«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

| | |
|---|-----|
| 3. ЛИТЕРАТУРА | 380 |
| 4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ..... | 377 |
| 5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ..... | 378 |
| 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 378 |
| Задание 1. Снять и построить АЧХ активного ПФ, составленного из звеньев ФНЧ и ФВЧ первого порядка..... | 378 |
| Задание 2. Снять и построить АЧХ активного ПФ, построенного на ОУ со сложной отрицательной обратной связью..... | 382 |
| 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА..... | 386 |
| 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | 386 |