

Министерство образования Российской Федерации
Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова

ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Методические указания к курсовому проекту

Новочеркасск
ЮРГПУ(НПИ)
2016

УДК 681.518:621.37 (076.5)
ББК 22.181
Г81

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент О.А. Наугольников (ФГБОУ ВПО
«Южно-Российского государственного политехнического университет (НПИ)
имени М.И. Платова

Составитель: Гречихин В.В.

Электроника и микропроцессорная техника : Методические указания к курсовому проектированию / В.В. Гречихин; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. – 15 с.

Методические указания посвящены вопросам практического изучения вопросов проектирования электронных устройств, получивших широкое распространение в приборостроении. Определены цели и задачи курсового проекта, изложены методические рекомендации по порядку выполнения и защиты курсового проекта. Рекомендуются студентам направления «Приборостроение».

Работа издана в соответствии с требованиями и правилами оформления текстовых документов в учебном процессе.

УДК 681.518:621.37(076.5)
ББК 22.181

© Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Отличительной особенностью современного приборостроения является широкое применение электронных узлов и элементов, позволяющих значительно расширить функциональные возможности, улучшить технические и эксплуатационные характеристики средств измерений. Среди большого многообразия электронных узлов важное место занимают аналоговые устройства. Как правило, они оказывают определяющее влияние на метрологические параметры средств измерений. Курсовой проект предназначен для приобретения навыков анализа, синтеза и исследования таких устройств. Выполнение курсового проекта связано с решением широкого круга вопросов теоретического и экспериментального характера.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является углубление знакомства с аналоговыми электронными устройствами, методиками их расчета и экспериментального исследования, а также приобретение навыков самостоятельной работы с технической литературой.

Выполнение курсового проекта развивает творческое мышление, содержит элементы исследовательской работы, способствует закреплению теоретических знаний, приобретению навыков решения конкретной инженерной задачи и является одним из этапов подготовки студента к дипломному проектированию.

Разработка электронного устройства, как правило, не является однозначным, поэтому при выполнении курсового проекта необходимо принимать решения, используя сведения, полученные при изучении различных курсов с целью выбора оптимального варианта разрабатываемого устройства.

Повышению качества выполнения курсового проекта способствует выполнение реальных проектов, темой для которых служат научно-исследовательские работы, проводимые на кафедре или предприятиях. Такие проекты выполняются, как правило, с созданием макета электронного устройства и его исследованием. В этом случае соотношение объемов разделов курсового проекта может быть изменено.

2 ТЕМА, СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Темой курсового проекта является разработка аналогового электронного устройства. Конкретные устройства, требования к их характеристикам приведены в вариантах заданий.

В процессе выполнения курсового проекта студент должен:

- показать актуальность разрабатываемого устройства для приборостроения;
- произвести анализ существующих устройств аналогичного назначения и обосновать выбор функциональной и принципиальной схем, позволяющих реализовать техническое задание;
- описать принципиальную электрическую схему и выполнить расчет основных узлов устройства;
- выполнить оценку метрологических характеристик устройства;
- произвести моделирование работы устройства при помощи системы схемотехнического моделирования электронных схем. В случае выполнения реального проекта разработать методику и схему эксперимента и произвести исследования на собранном макете проектируемого устройства;
- сделать вывод по работе;
- оформить пояснительную записку и выполнить чертежи функциональной и принципиальной электрических схем, сформировать перечень элементов электронного устройства.

Пояснительная записка должна быть выполнена на бумаге формата А4 (210×297 мм) в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Объемом пояснительной записки должен составлять 20 – 25 страниц машинописного текста, включая необходимые иллюстрирующие материалы (чертежи, схемы, графики, рисунки). Использовать шрифт *Times New Roman* размером 14 пт через 1,5 интервала, абзацный отступ – 1,25 см. Разметка страницы: поле левое – 3 см; правое – 1,5 см; верхнее и нижнее – 2 см.

Структура пояснительной записки должна быть следующей:

- титульный лист;
- техническое задание;
- аннотация;
- содержание;

- введение;
- разработка и описание функциональной схемы устройства;
- разработка и описание принципиальной электрической схемы устройства;
- расчет узлов принципиальной электрической схемы устройства;
- описание модельного или натурного эксперимента, его результаты и их анализ;
- заключение;
- список используемых библиографических источников;
- приложения.

В техническом задании необходимо определить назначение, технические характеристики и требования к разрабатываемому устройству.

В аннотации привести сокращённое изложение существа работы, сведения об объёме записки, количестве иллюстраций, таблиц. Отразить характер, цель, методику выполнения и конкретные результаты работы, выводы, области возможного применения результатов.

Во введении должна быть выполнена краткая оценка современного состояния решаемой задачи, обоснована важность и актуальность разработки и использования предложенного устройства в приборостроении.

При выборе и составлении функциональной и принципиальной схем необходимо провести сравнение возможных вариантов решения, описанных в литературе, и на основании такого сравнения выбрать наилучший вариант устройства, отвечающий требованиям технического задания. Далее описывается работа устройства по функциональной и принципиальной схемам с указанием назначения элементов. В случае необходимости приводятся временные диаграммы, поясняющие принцип работы устройств, а в расчетной части – все выполненные расчеты. При проведении электрического расчета следует приводить принципиальную и, если необходимо, эквивалентную схемы отдельного узла, а также характеристики и параметры выбранных электронных приборов. Расчет следует сопровождать краткими пояснениями по тексту. Все используемые расчетные формулы, выводы которых не приводятся, таблицы и характеристики следует снабжать ссылками на литературные источники, из которых они заимствованы.

После расчета параметров элементов схемы необходимо выбрать по справочнику ближайшее значение номинала элемента, который должен удовлетворять как допустимым эксплуатационным характеристикам, так и допустимым механическим и климатическим условиям. Сложные расчеты и выбор оптимального варианта из нескольких следует выполнять с применением вычислительной техники. При этом программу расчета и полученные результаты привести в пояснительной записке.

При описании эксперимента и его результатов должны быть приведены методика и схема эксперимента, описаны используемые приборы и схемотехнические САПР, цель эксперимента и полученные результаты с их анализом.

В заключение пояснительной записки подводятся итоги выполненной работы, производится оценка спроектированного устройства с точки зрения его соответствия требованиям технического задания, указываются возможности дальнейшего улучшения характеристик устройства.

В библиографическом списке указываются литературные источники, которыми пользовался студент при проектировании, и на которые имеются ссылки в тексте пояснительной записки. Список выполняется с соблюдением требований ГОСТ Р 7.0.5–2008.

В приложения выносятся функциональная электрическая схема, принципиальная электрическая схема и ее перечень элементов.

Соотношение между разделами пояснительной записки, объем расчетной части, содержание графической части проекта уточняются руководителем проекта на начальной стадии проектирования в зависимости от выполнения типового задания или задания реального НИР.

График выполнения курсового проекта приведен в таблице 1.

3 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА.

Защита курсового проекта состоит из краткого доклада студента по выполняемой работе и из его ответов на вопросы, причем задаваемые вопросы касаются лишь тех разделов теории и практики, на которых основывается курсовой проект.

Таблица 1 – График выполнения курсового проекта

Объем работы по этапам	Недели семестра																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Получение задания	+																
Изучение задания и подбор литературы		+															
Анализ существующих решений и разработка функциональной схемы устройства			+	+													
Разработка принципиальной схемы устройства					+	+	+										
Выполнение электрических расчетов								+	+	+	+						
Проведение модельного или натурного эксперимента										+	+	+					
Оформление пояснительной записки													+	+	+		
Подготовка к защите и защита курсовой проекта																+	+

Перед защитой законченная и оформленная пояснительная записка курсового проекта подписывается студентом и сдается руководителю на проверку не позже чем за три дня до предполагаемого срока защиты.

При оценке проекта учитывается объем и глубина анализа технического решения, уровень выполненных расчетов, качество выполнения и оформления работы, содержание доклада при защите работы и ответы на вопросы.

4 ОБЩАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

В начале проектирования, используя данные технического задания (ТЗ), необходимо определить основные принципы работы устройства, для чего построить его функциональную схему. Отдельным узлом устройства обычно является блок, выполняющий определенную функцию (усилитель, генератор, активный фильтр и т.д.).

Однотипные каскады можно объединять в один блок. На основании полученной функциональной схемы строится принципиальная электрическая схема. Основным результатом ее построения заключается в выявлении типов каскадов, способов связи между ними, числа источников питания. Кроме того, приблизительно можно оценить, какими должны быть количественные соотношения в каскадах: коэффициенты усиления, нелинейные и частотные искажения, к.п.д. и т.д. При расчете следует учитывать, что проектируемое устройство должно быть нечувствительным к изменениям температуры, разбросу параметров реальных схемных элементов. Поэтому необходимо обеспечивать запас по всем качественным показателям устройства по сравнению с заданными техническими условиями на 10 – 20 %.

Последовательность расчета каскадов учитывает, что каждый последующий каскад является нагрузкой для предыдущего. Но пока расчет не сделан, параметры этой нагрузки неизвестны, за исключением последнего каскада, для которого нагрузка задана техническим заданием. Поэтому рассчитывать схемы необходимо от конца к началу, начиная с последнего, как правило, наиболее мощного каскада.

5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

5.1 Усилитель напряжения низкой частоты

Варианты заданий приведены в таблице 2, где: P_n – выходная мощность усилителя; R_n – сопротивление нагрузки; U_n – амплитуда выходного напряжения; f_n, f_v – нижняя и верхняя граничные частоты; M_n, M_v – частотные искажения на низкой и высокой рабочих частотах; $U_{вх}$ – амплитуда входного напряжения; R_r – сопротивление источника сигнала; T_{min}, T_{max} – температурный диапазон работы устройства.

Необходимо определить элементную базу для проектируемого усилителя. Если выходное напряжение усилителя не превышает 10 – 18 В, а выходной ток не более единиц мА, то такой усилитель целесообразно строить с использованием операционных усилителей (ОУ). В противном случае в усилитель добавляется мощный оконечный каскад на транзисторах.

Определить необходимое число усилительных каскадов, исходя из общего коэффициента усиления по напряжению $K_U, K_U = U_{вых}/U_{вх}$.

Таблица 2 – Усилитель напряжения низкой частоты (варианты заданий)

Варианты	П а р а м е т р ы										
	P_n , Вт	R_n , кОм	U_n , В	f_n , Гц	f_v , кГц	M_n , дБ	M_v , дБ	$U_{вх}$, мВ	$R_{г}$, кОм	T_{min} , °С	T_{max} , °С
1	-	1	18	100	12	3	3	50	0,5	0	+50
2	0,3	0,3	-	50	15	2	2	10	0,3	+5	+50
3	0,2	-	5	100	10	3	2	1	1	+5	+35
4	-	10	9	80	12	2	3	1	1	-10	+50
5	-	20	5	30	8	3	2	0.1	5	0	+50
6	0,1	-	18	80	20	2	2	1	2	0	+50
7	-	3	5	100	8	3	2	0.1	8	0	+50
8	-	0,5	5	50	16	3,5	2,5	1	0,8	0	+50
9	0,01	-	8	60	9	1,5	2	1	3	+5	+50
10	-	4	7	100	7	2,5	2,5	0.5	5	+10	+50
11	0,4	-	7	70	10	4	2	0.2	4	+5	+45
12	-	15	10	20	20	5	5	5	1	-5	+35
13	-	4	1	200	10	4	5	100	100	+10	+45
14	0,5	0,5	-	150	16	2	5	10	3	0	+45

Исходя из величины выходного напряжения и тока нагрузки, определить ориентировочно тип ОУ. По частоте единичного усиления f_1 (f_1 – частота, на которой коэффициент усиления ОУ равен 1) определить максимально допустимый коэффициент усиления каскада на ОУ $K_{U_{max}}$, при котором обеспечиваются заданные в ТЗ частотные искажения M_v на верхней граничной частоте f_v , из следующего неравенства:

$$K_{U_{max}} \leq f_1 / f_v. \quad (1)$$

По K_U всего усилителя, определить требуемое число усилительных каскадов n , учитывая, что $K_U = K_{U_1} \cdot K_{U_2} \cdot \dots \cdot K_{U_n}$. Для получения требуемого K_U выбирают $K_{U_1} - K_{U_n}$ с учетом неравенства (1). Предварительно можно принять $K_{U_1} = K_{U_2} = \dots = K_{U_n} \leq K_{U_{max}}$ и определить число каскадов из выражения

$$n \geq \lg(K_U / K_{U_i}).$$

Для исключения возникновения паразитной положительной обратной связи в усилителе число каскадов должно быть нечетным.

С целью улучшения стабильности характеристик усилителя необходимо, чтобы коэффициент усиления каскада K_{U_i} был гораздо меньше коэффициента усилителя ОУ без отрицательной обратной

связи (ООС) K_{oy} ($K_{U_i} \ll K_{oy}$). Если при расчетах получилось, что K_{U_i} соизмерим с K_{oy} необходимо уменьшить K_{U_i} . Несмотря на то, что это приведет к увеличению числа каскадов усилителя, уменьшение K_{U_i} будет способствовать повышению стабильности характеристик усилителя и расширению полосы усиливаемых частот.

Определить сопротивление резисторов усилительного каскада, затем входное и выходное сопротивления каскада, учитывая, что входное сопротивление последующего каскада является нагрузкой для предыдущего.

Рассчитать емкости разделительных конденсаторов схемы, исходя из обеспечения требуемой величины частотных искажений M_H на нижней граничной частоте f_H по формуле

$$C_p \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_{эKB1} + R_{эKB2}) k \sqrt{(M_H)^2 - 1}},$$

где $R_{эKB1}, R_{эKB2}$ – эквивалентные сопротивления, определяющие постоянную времени цепи перезаряда емкости C_p , и равные выходному и входному сопротивлениям предыдущего и последующего усилительного каскада соответственно; k – количество емкостей, которые вносят частотные искажения в области низких частот.

Частотные искажения усилителя на нижней частоте распределяют между каскадами либо поровну, либо неравномерно, что позволяет ослабить требования к электрическим характеристикам одного из каскадов.

После расчета всех каскадов рассчитать характеристики всего усилителя и оценить погрешность усилителя.

Суммарная относительная погрешность усилителя, состоящего из последовательно включенных каскадов, определяется по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n.$$

В общем случае погрешность складывается из аддитивной и мультипликативной составляющих. Выполнить анализ факторов, влияющих на погрешность, определить погрешность каждого каскада и суммарную погрешность усилителя.

5.2 Активные фильтры

Варианты заданий приведены в таблице 3, где f_c – частота среза; K

– коэффициент усиления фильтра; Δf – ширина переходной области фильтра; d_1 – максимальное затухание в полосе пропускания (неравномерность передачи в полосе пропускания); d_2 – минимальное затухание в полосе задерживания; n – порядок фильтра; f_0 – центральная частота или резонансная частота ПФ; Q – добротность фильтра; Δf_1 , Δf_2 – нижняя и верхняя ширина переходных областей ПФ и ЗФ; T_{\min} , T_{\max} – температурный диапазон работы устройства.

Таблица 3 – Активные фильтры (варианты заданий)

Варианты	Параметры												
	Тип фильтра	f_c , кГц	K	Δf , Гц	d_1 , дБ	d_2 , дБ	n	f_0 , кГц	Q	Δf_1 , Гц	Δf_2 , Гц	T_{\min} , °C	T_{\max} , °C
1	ФНЧ	1	8	300	3	20	-	-	-	-	-	0	+50
2	ФНЧ	2	2	-	3	20	9	-	-	-	-	+5	+50
3	ФНЧ	3	8	-	3	30	4	-	-	-	-	+5	+35
4	ФНЧ	4	2	100	0,1	20	-	-	-	-	-	-10	+50
5	ФНЧ	5	16	-	0,5	30	8	-	-	-	-	0	+50
6	ФВЧ	6	8	300	0,5	40	-	-	-	-	-	0	+50
7	ФВЧ	7	4	-	0,5	30	5	-	-	-	-	0	+50
8	ФВЧ	8	16	-	0,5	35	8	-	-	-	-	0	+50
9	ФВЧ	9	8	-	0,5	50	8	-	-	-	-	+5	+50
10	ФВЧ	10	4	-	1	25	5	-	-	-	-	+10	+50
11	ПФ	-	7	-	0,5	40	-	1	5	-	100	+5	+45
12	ПФ	-	10	-	2	50	-	5	10	100	-	-5	+35
13	ЗФ	-	12	-	1	40	-	6	10	-	300	+10	+45
14	ЗФ	-	1	-	1	20	-	3	3	200	-	0	+45

Выбрать конкретный тип реализации фильтра. Этот выбор осуществляется на основании исходных данных в зависимости от максимального затухания в полосе пропускания, минимального затухания в полосе задерживания (необходимо построить требуемую АЧХ).

Определить порядок фильтра, требуемый для обеспечения необходимой ширины переходной области. В том случае, если задан порядок фильтра, определить ширину переходной области фильтра.

Зная порядок фильтра, нужно определить число звеньев, необходимое для построения фильтра данного порядка при каскадном построении фильтра (выход первого каскада является входом второго и т.д.). Для четного порядка обычная каскадная схема содержит $n/2$ звеньев второго порядка. Если же порядок является нечетным и

$n > 2$. то схема содержит $(n - 1)/2$ звеньев второго порядка и одно звено первого порядка.

Зная число звеньев фильтра n и коэффициент усиления фильтра K , следует распределить K между звеньями, учитывая, что $K = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$, где K_1, K_2, \dots, K_n – коэффициенты усиления звеньев фильтра.

Рассчитать параметры звеньев фильтра, пользуясь методикой расчета конкретного типа фильтра.

Тип ОУ выбрать на основе данных ТЗ в зависимости от типа фильтра. Коэффициент усиления ОУ должен значительно превышать значение коэффициента усиления K_i звена фильтра на частоте f_0 , а скорость нарастания выходного напряжения должна обеспечивать получение максимального размаха выходного напряжения на максимальной рабочей частоте фильтра. Для фильтра низких частот (ФНЧ) частота $f_0 = f_c$ – это частота среза. Для фильтра высоких частот (ФВЧ), полосового (ПФ) и заграждающего фильтров (ЗФ) $f_0 = f_c$ – это наибольшая требуемая частота в полосе пропускания.

Начертить принципиальную схему рассчитанного фильтра на конкретных ОУ с учетом всех навесных элементов. Параметры навесных элементов выбрать или рассчитать на основе рекомендаций разработчиков ОУ, приведенных в справочниках.

После расчета всех звеньев фильтра рассчитать характеристики всего фильтра и оценить его погрешность.

5.3. RC - генератор синусоидальных колебаний

Варианты заданий приведены в таблице 4, где f_{\min} – минимальная выходная частота генератора; f_{\max} – максимальная выходная частота генератора; U_m – амплитуда колебаний; δ_f относительный уход частоты при изменении температуры; T_{\min} , T_{\max} – температурный диапазон работы устройства.

Записать выражение, описывающее работу генератора и определить выражение для условия самовозбуждения.

Задаться соотношением емкостей фазирующей цепи. Обычно выбирают емкости одинаковыми.

Определить соотношение сопротивлений ФЦ, исходя из условия обеспечения максимальной фиксирующей способности ФЦ. Это условие соответствует максимуму добротности ее.

Таблица 4 – RC-генератор синусоидальных колебаний (Варианты заданий)

Варианты	Параметры					
	f_{\min} , Гц	f_{\max} , кГц	U_m , В	δ_f	T_{\min} , °C	T_{\max} , °C
1	100	10	10	0,02	+ 10	+30
2	200	10	12	0,01	0	+40
3	5000	50	5	0,02	+5	+80
4	5000	100	11	0,03	+10	+60
5	1000	20	3	0,05	0	+50
6	100	1	8	0,06	+5	+45
7	200	30	17	0,01	+10	+35
8	1000	300	5	0,04	+5	+45
9	5000	500	5	0,05	0	+55
10	500	20	5	0,05	0	+50
11	20	20	10	0,06	+10	+45
12	60	10	8	0,01	+ 15	+35
13	800	80	12	0,02	+ 10	+60
14	300	300	10	0,03	-10	+25

Из условия самовозбуждения генератора получить выражения для частоты генерации и необходимого коэффициента усиления АЭ.

Рассчитать элементы принципиальной схемы АЭ таким образом, чтобы обеспечить его необходимый коэффициент усиления. Принять меры к обеспечению стабильности коэффициента усиления.

Выбрать количество поддиапазонов и определить пределы изменения регулирующих элементов ФЦ. Рассчитать элементы принципиальной схемы ФЦ таким образом, чтобы обеспечить необходимое значение частоты колебаний f .

Провести анализ стабильности частоты генератора. Выражение для относительного ухода частоты f имеет вид

$$\delta_f = \sum_{i=1}^n S_{x_i}^f \delta_{x_i},$$

где $S_{x_i}^f$ – чувствительность частоты к изменению параметра x_i , $S_{x_i}^f = df/dx_i$; δ_{x_i} – относительное изменение параметра под воздействием внешних факторов, например температуры, определяется, исходя из справочных данных (температурных коэффициентов) и требований ТЗ (допустимое изменение температуры).

В случае необходимости принять меры для повышения стабильности частоты генератора. С этой целью применяют более стабильные резисторы и конденсаторы в фазирующей цепи, обеспечивают

взаимную компенсацию изменений параметров схемы за счет разных знаков, например температурных коэффициентов сопротивлений и емкостей (ТКС и ТКЕ).

Определить амплитуду колебаний генератора. Для графического определения амплитуды на график зависимости коэффициента усиления АЭ от выходного напряжения (определяется экспериментально или аналитически) нанести прямую на уровне $1/K(f)$, где $K(f)$ – коэффициент передачи ФЦ на частоте генерации. Абсцисса точки пересечения указанных характеристик равна амплитуде колебаний. Аналитическое решение задачи можно получить из характеристического уравнения генератора, составленного с учетом реальной амплитудной характеристики АЭ.

СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амелина М. А. Программа схемотехнического моделирования MicroCap 8 [Текст] / М.А. Амелина, С.А. Амелин. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 466 с.
2. Бондаренко В. Г. RC-генераторы синусоидальных колебаний [Текст] / В.Г. Бондаренко М.: Связь, 1976. – 208 с.
3. Бурбаева Н. В. Основы полупроводниковой электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. В. Бурбаева, Т. С. Днепровская. – М.: Физматлит, 2012. – 310 с. Доступ www.knigafund.ru.
4. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 528 с.
5. Гершунский Б. С. Основы электроники [Текст] / Б.С. Гершунский. – Киев: Вища школа, 1977, – 344 с.
6. Гречихин В. В. Моделирование электронных узлов медицинской и измерительной техники [Текст] : учеб. пособие / В.В. Гречихин // Юж. – Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2004. – 92 с.
7. Гусев В. Г. Электроника и микропроцессорная техника [Текст] : учебник для вузов/ В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – М.: Высш. шк., 2008 г. – 798 с.
8. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах / В.С. Гутников. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.
9. Диоды [Текст]: Справочник / О.Л. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев и др. М.: Радио и связь, 1990 – 336 с.
10. Джонсон Д. Справочник по активным фильтрам [Текст]: пер. с англ./ Д.Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 128 с.
11. Дьюб Д.С. Электроника: схемы и анализ [Текст]: пер. с англ. / Д.С. Дьюб – М.: Техносфера, 2008. – 432 с.

12. Кузовкин В. А. Электроника. Электрофизические основы, микросхемотехника, приборы и устройства [Электронный ресурс]. / В. А. Кузовкин. – М.: Логос, 2011. – 328 с. Доступ www.knigafund.ru.
13. Лачин В. И. Электроника [Текст]: учеб. пособие / В.И. Лачин, Н.С. Савелов. – Ростов н/Д: Феникс, 2015. – 703 с.
14. Мошиц Г., Проектирование активных фильтров [Текст]: Пер. с англ./ Г. Мошиц, П. Хорн. – М.: Мир, 1984. – 320 с.
15. Наумкина Л. Г. Электроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Г. Наумкина. – М.: Горная книга, 2007. – 331 с. Доступ www.knigafund.ru.
16. Наундорф У. Аналоговая электроника: Основы, расчет, моделирование [Текст]: пер. с нем. / У. Наундорф – М.: Техносфера, 2008. – 472 с.
17. Опадчий Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника: полный курс [Текст]: учебник для вузов / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; Под ред. О. П. Глудкина. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. – 768 с.
18. Практическое руководство по расчетам схем в электронике: Справочник. В 2-х т. / М. Кауфман, А.Г Сидман. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 368 с.
19. Резисторы [Текст]: Справочник / В.В. Дубровский, Д.М. Иванов и др.; под ред. И.И. Четверикова. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.
20. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство [Текст]. / У. Титце, К. Шенк. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
21. Топильский В. Б. Схемотехника измерительных устройств [Текст]. / В.Б. Топильский. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 232 с.
22. Транзисторы [Текст]: Справ./ О.П. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев и др. М.: Радио и связь, 1989 – 272 с.
23. Фолкенберри Л. М. Применение операционных усилителей и линейных интегральных схем / Л.М. Фолкенберри. – М.: Мир, 1985. – 254 с.
24. Хоровиц П. Хилл. У. Искусство схемотехники. – М.: Мир, 1998. – 704 с.
25. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы [Текст]: Справочник/ С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.
26. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки [Текст]: Справочник / Под ред. Г. С. Кучинского. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.
27. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Гречихин В.В., Шайхутдинов Д.В. Определение гистерезисных магнитных характеристик методом решения обратной задачи гармонического баланса//Фундаментальные исследования. 2015. № 8-2. С. 303-306.
28. Ланкин М.В., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. Система управления регистрацией статических характеристик магнитотвердых материалов//патент на изобретение RUS 2130634
29. Горбатенко Н.И., Ланкин М.В., Гречихин В.В. Измерители тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля на поверхности ферромагнитных образцов//В книге: Состояние и проблемы измерений Тезисы докладов 6-ой Всероссийской научно-технической конференции. 1999. С. 176

Учебное издание

ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА
Методические указания к курсовому проекту

Составитель: Валерий Викторович Гречихин

В авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2016.

Формат 60×84¹/₁₆ . Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж . Заказ № .

Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова
Редакционно-издательский отдел ЮРГПУ (НПИ)
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132