

# **АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ АКТИВНОЙ ЦЕПИ**

Федеральное агентство по образованию  
Уральский государственный технический университет–УПИ  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

## **АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ АКТИВНОЙ ЦЕПИ**

Методические указания к курсовой работе по дисциплинам «Основы теории цепей», «Теория электрических цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы» для студентов всех форм и технологий обучения по направлениям подготовки 210300 – Радиотехника, 210400 – Телекоммуникации, 090100 – Информационная безопасность

*Печатается по решению редакционно-издательского совета УГТУ–УПИ от 28.02.2008 г.*

Екатеринбург  
УГТУ–УПИ  
2008

УДК 621.3.011.71 (075.8)

Составитель Т. М. Лысенко

Научный редактор проф., д-р техн. наук Л. Г. Доросинский

**АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ АКТИВНОЙ ЦЕПИ:** методические указания к курсовой работе /сост. Т. М. Лысенко. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2008. 32 с.

Представляются варианты заданий на курсовую работу по дисциплинам «Основы теории цепей», «Теория электрических цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы» для студентов всех форм и технологий обучения. Приводятся подробные методические указания по выполнению заданий. Излагаются требования к структуре и содержанию расчетно-пояснительной записки в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32–2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Библиогр.: 15 назв. Табл. 2. Рис. 8. Прил. 2.

Подготовлено кафедрой теоретических основ радиотехники.

© УГТУ–УПИ, 2008

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	7
1.1. ВЫБОР ВАРИАНТА И ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ЦЕПИ .....	7
1.2. ЗАДАНИЕ .....	9
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ...	10
2.1. НАХОЖДЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЦЕПИ .....	10
2.2. АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПИ .....	14
2.3. ПЕРЕХОДНАЯ И ИМПУЛЬСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕПИ .....	15
2.4. НАХОЖДЕНИЕ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛА НАЛОЖЕНИЯ.....	15
2.5. СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА .....	15
3. ТРЕБОВАНИЯ К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ.....	17
3.1. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	17
3.2. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ .....	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	30
Приложение 1. Пример оформления титульного листа .....	30
Приложение 1. Пример оформления содержания .....	31

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

$C$	– емкость, Ф
$f$	– циклическая частота, Гц
$g(t)$	– импульсная характеристика
$h(t)$	– переходная характеристика
$\varphi(\omega)$	– фазочастотная характеристика
$K(j\omega)$	– комплексная частотная характеристика
$K(p)$	– операторный коэффициент передачи цепи по напряжению
$K(\omega)$	– амплитудно-частотная характеристика
$L$	– индуктивность, Гн
$p$	– оператор преобразования Лапласа
$q$	– отношение сигнал/шум
$R$	– сопротивление, Ом
$R(\tau)$	– корреляционная функция
$S(j\omega)$	– спектральная плотность
$u(t)$	– детерминированный сигнал
$t$	– время, с
$I(t)$	– функция Хевисайда
$T$	– период повторения
$\tau_k$	– время корреляции шума, мкс
$\omega$	– угловая частота, рад/с
$W(\omega)$	– энергетический спектр сигнала
$W_0$	– спектральная плотность мощности белого шума, $10^{-6}$ В <sup>2</sup> /Гц
$\sigma_{ш}$	– среднеквадратическое значение шума, В
$x(t)$	– случайный сигнал
$y(t)$	– выходной сигнал
$Z(p)$	– операторное сопротивление, Ом
АЧХ	– амплитудно-частотная характеристика
ИХ	– импульсная характеристика
ПХ	– переходная характеристика
ФЧХ	– фазочастотная характеристика

## **ВВЕДЕНИЕ**

Теория линейных электрических цепей является важнейшей составной частью дисциплин «Основы теории цепей», «Теория электрических цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы». В этой части рассматриваются современные методы анализа и синтеза линейных радиотехнических устройств различного назначения, требующие знания обширного математического аппарата и применения современного прикладного программного обеспечения.

Именно в теории линейных электрических цепей вводится множество новых понятий и определений, каждое из которых является достаточно простым, но освоение и применение которых в совокупности представляет собой сложную задачу. Особое внимание уделяется сущности процессов в цепи и фундаментальным понятиям, важным для изучения линейных систем.

Теория линейных цепей образует фундамент, на котором базируется вся профессиональная творческая деятельность радиоинженера. Залогом успеха в этой деятельности является хорошее усвоение аппарата анализа радиотехнических цепей и умение применять его для решения практических задач. Можно с уверенностью сказать, что без глубокого усвоения этого аппарата невозможна успешная работа по специальности.

Курсовая работа по теории линейных цепей способствует систематизации и закреплению знаний студента в области теоретической радиотехники, прививает практические навыки расчета и анализа характеристик радиотехнических сигналов и цепей, способствует освоению современных математических пакетов.

В настоящих методических указаниях приведены 30 вариантов заданий на курсовое проектирование. Целью проектирования является закрепление навыков и умений студентов в области построения и анализа частотных, временных, спектральных характеристик радиотехнических цепей, нахождение формы сигнала на выходе цепи, исследование влияния параметров цепи на характеристики выходного сигнала.

Анализируемая схема, вид входного сигнала и их параметры выбираются каждым студентом самостоятельно в соответствии с номером варианта. При выполнении курсовой работы рекомендуется использовать учебники и учебные пособия [1 - 11].

Оформление расчетно-пояснительной записки, ее структура и содержание должны отвечать требованиям ГОСТ 7.32 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

# 1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

## 1.1. Выбор варианта и построение схемы цепи

Общая схема электрической цепи приведена на рис.1. Входной сигнал показан на рис.2. Необходимо в соответствии с вариантом задания на курсовую работу построить схему исследуемой цепи и рассчитать значения параметров элементов. Конкретная исследуемая схема изображается на основе общей схемы с учетом двузначного кода, приведенного в табл. 1.

- ◆ Вариант А выполняют студенты, номер зачетной книжки которых оканчивается на цифры 0, 1, 2, 3.
- ◆ Вариант Б выполняют студенты, номер зачетной книжки которых оканчивается на цифры 4, 5, 6.
- ◆ Вариант В выполняют студенты, номер зачетной книжки которых оканчивается на цифры 7, 8, 9.

В каждом варианте номер подварианта совпадает с предпоследней цифрой номера зачетной книжки. Первая цифра кода задания указывает на номер ветви, состоящей из одного идеализированного элемента электрической цепи – емкости  $C$ . Вторая цифра кода задания есть номер той ветви, которая удаляется из схемы (рис.1). Остальные ветви схемы состоят из идеализированных элементов цепи - сопротивлений  $R_k$ . Значения параметров элементов цепи вычисляются по следующим формулам:

$$R_k = m n k, \quad \text{Ом,}$$
$$C = m + n, \quad \text{мкФ,}$$

где  $k$  - номер ветви;  $m$  - предпоследняя цифра номера зачетной книжки;  $n$  - последняя цифра номера зачетной книжки. Если  $m$  или  $n$  равны нулю, то при расчете параметров их значение следует увеличить на единицу.

Коэффициент усиления операционного усилителя (ОУ) является в каждом варианте изменяемым параметром и принимает два значения:

$$\mu_1 = 10; \mu_2 = 100.$$

Таблица 1

Вариант А		Вариант Б		Вариант В	
Подвариант	Код	Подвариант	Код	Подвариант	Код
1	21	1	15	1	13
2	31	2	25	2	23
3	41	3	35	3	43
4	51	4	45	4	53
5	61	5	65	5	63
6	14	6	16	6	31
7	24	7	26	7	24
8	34	8	36	8	42
9	54	9	46	9	65
0	64	0	56	0	62

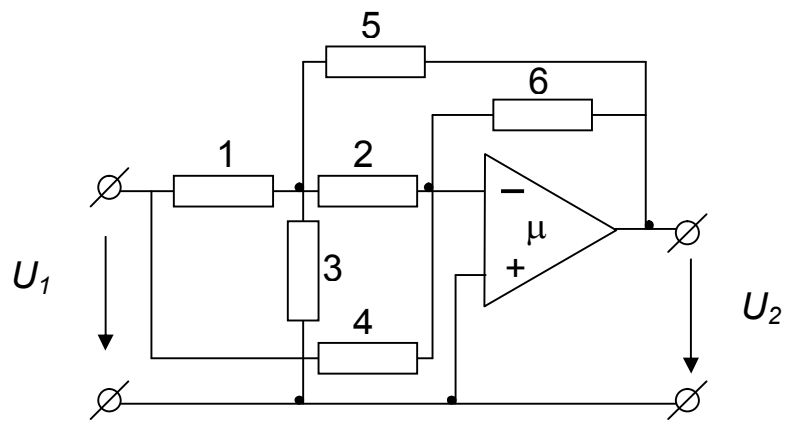


Рис.1. Общая схема цепи

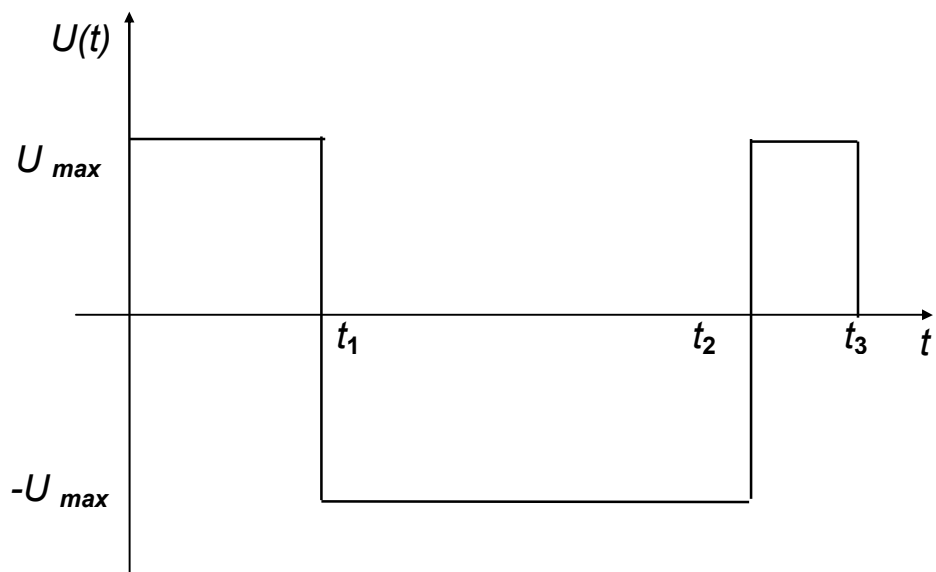


Рис.2. Входной импульсный сигнал



## 1.2. Задание

1. Найти для исследуемой цепи операторный коэффициент передачи по напряжению  $K(p)$  и записать его как отношение двух полиномов в виде

$$K(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}.$$

Рассчитать значения коэффициентов полиномов для значений  $\mu_1$  и  $\mu_2$ .

2. Записать комплексную частотную характеристику цепи  $K(j\omega)$  и соответствующие ей амплитудно-частотную  $K(\omega)$  и фазочастотную  $\varphi(\omega)$  характеристики.

3. По найденным аналитическим выражениям рассчитать и построить графики частотных характеристик цепи для значений коэффициента усиления  $\mu_1$  и  $\mu_2$ .

4. Определить переходную  $h(t)$  и импульсную  $g(t)$  характеристики цепи.

5. Рассчитать и построить графики этих характеристик для значений изменяемого параметра  $\mu_1$  и  $\mu_2$ . Рассчитать соответствующие постоянные времени цепи ( $\tau_1, \tau_2$ ). Постоянная времени цепи, рассматриваемой в настоящем задании, рассчитывается как величина, равная модулю обратного значения полюса передаточной функции  $K(p)$ .

Временные характеристики цепи построить, рассчитав значения функций  $h(t), g(t)$  в точках:

$$k \cdot \Delta t, \quad \text{где } k = 0, 1, 2 \dots 10, \quad \Delta t = \Phi / 5.$$

Частотные характеристики цепи построить, рассчитав значения функций  $K(\omega), \varphi(\omega)$  в точках:

$$k \cdot \Delta \omega, \quad \text{где } k = 0, 1, 2 \dots 10, \quad \Delta \omega = \omega_g / 5, \quad \omega_g = 1 / \Phi.$$

6. **Временной метод анализа.** Используя временные характеристики цепи и интеграл наложения, найти реакцию цепи на импульс, изображенный на рис. 2. Параметры входного импульсного сигнала:

$$U_{\max} = \frac{m+n}{4} \text{ В}, \quad t_1 = \Phi, \quad t_2 = 3 \cdot \Phi, \quad t_3 = 3,5 \cdot \Phi.$$

7. Рассчитать и построить сигнал  $u_2(t, \mu)$  на выходе цепи для значений коэффициента усиления операционного усилителя  $\mu_1$  и  $\mu_2$ . Графики входного и двух выходных сигналов построить на одном рисунке.

8. Увеличить длительность входного импульсного сигнала в 10 раз. Рассчитать и построить на одном рисунке графики входного и выходного сигналов при  $\mu = \mu_2$ .

9. На основе анализа графиков выходных сигналов сделать вывод о характере анализируемой цепи (пропорционально - дифференцирующая или пропорционально - интегрирующая). Выделить случай, в котором операция, выполняемая цепью, наиболее близка к одному из двух возможных идеальных вариантов: дифференцирование или интегрирование.

10. **Спектральный метод анализа.** Найти спектральную плотность выходного сигнала  $S(j\omega)$  для случая, наиболее близкого к идеальному варианту обработки сигнала. Рассчитать и построить графики модуля и аргумента спектральной плотности входного и выходного сигналов. Сравнить спектральные характеристики импульсного сигнала на входе и выходе цепи.

11. Написать раздел «Заключение», в котором сформулировать выводы о характере исследуемой цепи, влиянии коэффициента усиления операционного усилителя на характеристики цепи и форму выходного сигнала. Заключение написать в виде нумерованных абзацев, в которых должны быть приведены ссылки на рисунки, а также количественные соотношения, полученные в работе.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ

### 2.1. Нахождение передаточной функции цепи

В последние годы многие задачи синтеза электрических цепей с заданными свойствами решаются с использованием интегральных усилителей широкого применения, получивших название операционных усилителей (ОУ). Схемное изображение типового операционного усилителя приведено на рис. 3. Усилитель имеет два входа (инвертирующий (-) и неинвертирующий (+)) и один выход, содержит то или иное число транзисторов (до 30) и резисторов и получает питание от источников постоянного напряжения. На схеме усилителя источники питания ОУ обычно не показываются.

Входное сопротивление операционного усилителя весьма велико (на практике десятки и сотни килоом). Выходное сопротивление достаточно мало (десятки ом), в связи с чем операционный усилитель приближенно можно рассматривать как источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН). Современные ОУ имеют коэффициенты усиления  $\mu \approx 10^4 \dots 10^5$ .

Простейшая схема замещения идеального ОУ приведена на рис.4. В нее входит зависимый источник напряжения типа ИНУН, подсоединенный к выходным зажимам усилителя. Его напряжение пропорционально разности напряжений  $U_{вх1}$  и  $U_{вх2}$ , подведенных к входным зажимам усилителя.

Другая более полная схема замещения ОУ показана на рис. 5. В неё введены резистивные сопротивления, имитирующие конечное входное  $R_{вх}$  и выходное  $R_{вых}$  сопротивления усилителя. Частотный диапазон усиливаемых

частот начинается со сколь угодно низких частот и ограничивается сверху емкостями паразитного характера. Последние имеются в любом реальном усилителе и вводятся в более полную схему замещения операционного усилителя.

Рассмотрим пример определения операторной передаточной функции цепи с операционным усилителем, основанный на применении метода узловых напряжений.

На первом этапе строится операторная схема замещения цепи при нулевых начальных условиях. Каждый операционный усилитель в исходной схеме заменяется его схемой замещения, в самом простом варианте используется схема, изображенная на рис. 4. К входным зажимам цепи подключается независимый источник напряжения  $U_1(p)$ . Все идеализированные пассивные элементы цепи заменяются их операторными схемами замещения [2, 4, 10].

Далее составляется система уравнений по методу узловых напряжений в операторной форме. В результате решения системы находится операторный коэффициент передачи цепи по напряжению  $K(p)$ .

В качестве примера рассмотрим цепь, общая схема которой приведена на рис. 6, и найдем операторный коэффициент передачи цепи по напряжению. На рис. 7 показана схема замещения цепи, где использована простейшая схема замещения идеального ОУ. Ко входу цепи подключим независимый источник напряжения. Узлы в схеме замещения обозначим цифрами (1) – (4), а узловые напряжения как  $U_{10}$ ,  $U_{20}$ ,  $U_{30}$ ,  $U_{40}$ .

Так как к узлам 1 и 2 подключены источники, равные соответственно  $U_{10}$  и  $\mu U_{40}$ , то узловые уравнения составляются только для узлов 3 и 4:

$$Y_{31}U_{10} + Y_{32}U_{20} + Y_{33}U_{30} + Y_{34}U_{40} = 0;$$

$$Y_{41}U_{10} + Y_{42}U_{20} + Y_{43}U_{30} + Y_{44}U_{40} = 0,$$

где

$$Y_{31} = -\frac{1}{R_1}, \quad Y_{32} = -\frac{1}{R_3}, \quad Y_{33} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3};$$

$$Y_{34} = Y_{43} = 0;$$

$$Y_{41} = -\frac{1}{R_4}, \quad Y_{42} = pC, \quad Y_{44} = \frac{1}{R_4} + pC.$$

Учтем во втором уравнении то, что

$$U_{40} = -\frac{U_{20}}{M}.$$

В результате получим второе уравнение в следующем виде:

$$Y_{41}U_{10} + Y_{42}U_{20} - \frac{Y_{44}}{M}U_{20} = 0.$$

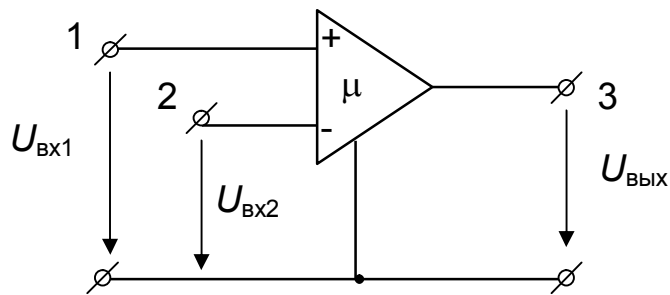


Рис.3. Схема операционного усилителя

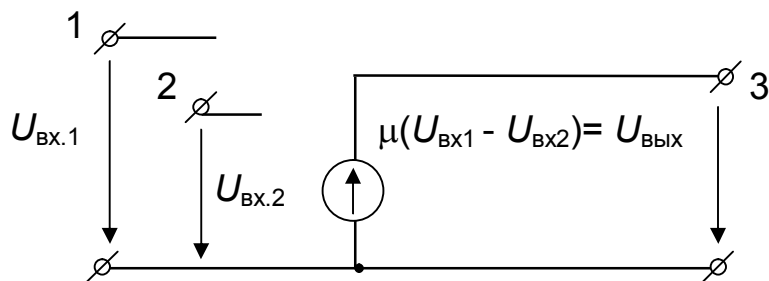


Рис.4. Схема замещения операционного усилителя

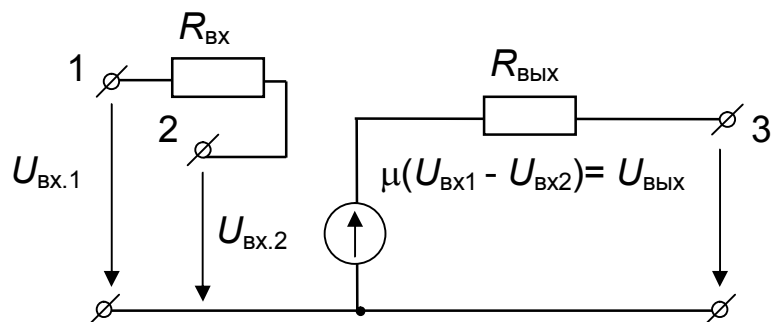


Рис.5. Схема замещения ОУ с учетом сопротивлений

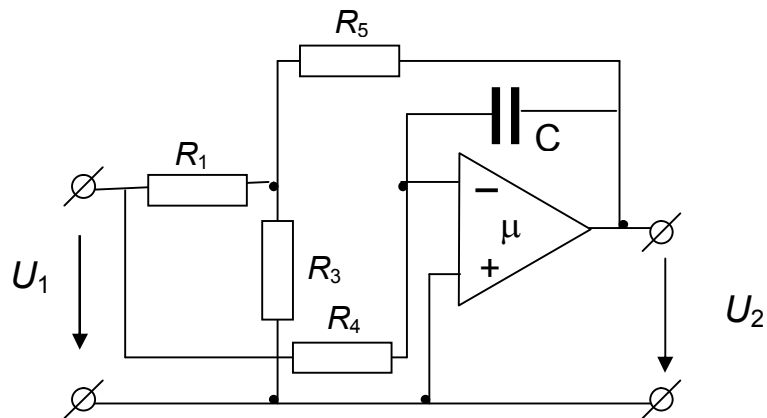


Рис. 6. Схема исследуемой цепи

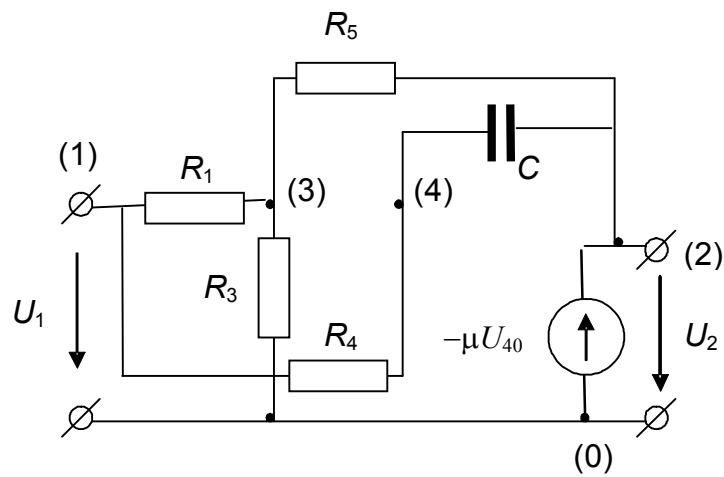


Рис.7. Схема замещения цепи

Отсюда легко получается операторный коэффициент передачи цепи по напряжению

$$K(p) = \frac{U_{20}(p)}{U_{10}(p)} = -\frac{Y_{41M}}{Y_{42M} - Y_{44}}$$

Подставим в данную формулу выражения для  $Y_{41}$ ,  $Y_{42}$ ,  $Y_{44}$  и запишем выражение для операторного коэффициента передачи цепи по напряжению

$$K(p) = \frac{-b_0}{a_1 p + a_0}$$

Рассчитаем постоянную времени цепи по формуле  $\phi = \frac{1}{a_0/a_1}$ ,

полосу пропускания цепи по формуле  $\omega_B = 1/\phi$ .

Далее рекомендуется выполнить расчет постоянной времени цепи и оценить полосу пропускания для заданных значений параметров исследуемой цепи. Результаты расчетов представить в таблице вида:

$\mu$	10	100	10000
$\tau_{ц}, c$			
$\omega_B, рад/с$			
$f_B, Гц$			

Предлагается сравнить значения полученных характеристик цепи и сделать выводы об ожидаемом характере переходного процесса при разных значениях коэффициента усиления операционного усилителя.

## 2.2. Анализ частотных характеристик цепи

Заменив  $p$  на  $j\omega$  в выражении для  $K(p)$ , получим комплексный коэффициент передачи цепи по напряжению.

$$K(j\omega) = \frac{-b_0}{a_0 + j\omega a_1}$$

Соответствующие амплитудно - частотная  $K(\omega)$  и фазочастотная  $\phi(\omega)$  характеристики цепи определяются следующими выражениями:

$$K(\omega) = \frac{b_0}{\sqrt{a_0^2 + (\omega a_1)^2}}, \quad \phi(\omega) = p - \arctg(\omega a_1/a_0)$$

Далее по найденным аналитическим выражениям необходимо рассчитать и построить графики частотных характеристик цепи для двух значений коэффициента усиления операционного усилителя  $\mu_1$  и  $\mu_2$ .

### 2.3. Переходная и импульсная характеристики цепи

Найдем временные характеристики исследуемой цепи, используя операторный коэффициент  $K(p)$ . Известно [4], что

$$h(t) \leftrightarrow \frac{K(p)}{p}, \quad g(t) \leftrightarrow K(p).$$

Используя таблицы преобразований Лапласа, нетрудно получить следующее выражение переходной характеристики исследуемой цепи:

$$h(t) = \mu (e^{-t/\tau} - 1) 1(t),$$

где  $1(t)$  – функция Хевисайда.

### 2.4. Нахождение выходного сигнала методом интеграла наложения

Поскольку на входе цепи действует сигнал, образованный совокупностью импульсов прямоугольной формы, для его аналитического представления рекомендуется использовать функцию Хевисайда  $1(t)$ :

$$U_1(t) = U [1(t) - 2 1(t - t_1) + 2 1(t - t_2) - 1(t - t_3)],$$

или

$$U_1(t) = U 1(t) \text{ для } t < t_1;$$

$$U_1(t) = U [1(t) - 2 1(t - t_1)] \text{ для } t_1 \leq t < t_2;$$

$$U_1(t) = U [1(t) - 2 1(t - t_1) + 2 1(t - t_2)] \text{ для } t_2 \leq t < t_3;$$

$$U_1(t) = U [1(t) - 2 1(t - t_1) + 2 1(t - t_2) - 1(t - t_3)] \text{ для } t > t_3.$$

Найдем выходной сигнал методом интеграла наложения с использованием переходной характеристики. При заданной форме входного сигнала на выходе имеем следующее:

$$U_2(t) = U h(t) \text{ для } t < t_1;$$

$$U_2(t) = U [h(t) - 2 h(t - t_1)] \text{ для } t_1 \leq t < t_2;$$

$$U_2(t) = U [h(t) - 2 h(t - t_1) + 2 h(t - t_2)] \text{ для } t_2 \leq t < t_3;$$

$$U_2(t) = U [h(t) - 2 h(t - t_1) + 2 h(t - t_2) - h(t - t_3)] \text{ для } t > t_3.$$

### 2.5. Спектральный метод анализа

Для нахождения спектра выходного сигнала воспользуемся основной формулой спектрального метода [1]:

$$S_2(j\omega) = S_1(j\omega) K(j\omega),$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – соответственно спектральная плотность входного и выходного сигналов.

Представив входной сигнал в виде суммы трех прямоугольных импульсов, найдем спектральную плотность входного сигнала, используя свойство линейности преобразования Фурье и теорему о сдвиге:

$$S_1(\omega) = s_1(\omega) + s_2(\omega) + s_3(\omega),$$

где  $s_i(\omega)$  – спектральная плотность  $i$ -го прямоугольного импульса, вычисляемая по известным формулам [1]:

$$s_1(\omega) = \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau_1}{2}\right)}{\omega\tau_1/2} e^{-j\omega\Delta_1},$$

$$s_2(\omega) = \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau_2}{2}\right)}{\omega\tau_2/2} e^{-j\omega\Delta_2},$$

$$s_3(\omega) = \frac{\sin\left(\frac{\omega\tau_3}{2}\right)}{\omega\tau_3/2} e^{-j\omega\Delta_3}.$$

Здесь  $\tau_i$  – длительность  $i$ -го импульса,  $\Delta_i$  – сдвиг центра  $i$ -го импульса относительно точки  $t = 0$ .

Далее необходимо выполнить расчет и построение графиков амплитудного и фазового спектров соответственно входного и выходного сигналов, модуля и аргумента комплексных функций  $S_1(j\omega)$  и  $S_2(j\omega)$ .

При сравнении графиков амплитудных спектров входного и выходного сигналов отметить относительные изменения постоянной составляющей, низкочастотных и высокочастотных компонент спектра.



### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ

Курсовая работа (курсовой проект) является учебным документом, выполненным студентом по учебному плану на промежуточном этапе изучения дисциплины. Одной из стадий в непрерывной многоэтапной подготовке студентов, в том числе по изучению основ стандартизации и метрологии, является применение ГОСТ 7.32–2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и стандарта предприятия.

В состав курсового проекта в общем случае входят текстовые и графические документы, а также наглядные пособия. *К текстовым документам* относятся расчетно-пояснительная записка, спецификация, программная документация. *К графическим документам* относятся чертежи и схемы, а также диаграммы, графики, таблицы, рисунки, предназначенные для публичной защиты курсового проекта. *К наглядным пособиям* относятся модели, макеты устройств, компьютерные презентации и пр.

Для обозначения текстовых и графических документов проекта устанавливается следующая структура:

NNNNNN 000 000 0NN ПЗ

Здесь первый шестизначный код - это код специальности по ОКСО, по которой выполняется курсовой проект. Следующий за ним шестизначный код - это код классификационной характеристики темы проекта по Классификатору ЕСКД. В данном случае записаны нули, так как тема настоящей работы не имеет кода классификационной характеристики. Далее следует порядковый регистрационный номер курсовой работы. Здесь после нуля записываются две последние цифры номера зачетной книжки студента. Двухзначный буквенный код – это шифр вида документа. В данном случае указан код пояснительной записки (ПЗ).

#### 3.1. Содержание пояснительной записки

В пояснительной записке (ПЗ) объемом 20 - 40 страниц рукописного или 15 - 35 страниц машинописного текста, включая необходимые иллюстрирующие материалы (чертежи, схемы, диаграммы, графики, рисунки), студент должен кратко изложить идеи и суть проекта, привести результаты теоретических расчетов и экспериментальных исследований, сделать конкретные выводы.

При написании записки студент обязан делать ссылки на автора и источник заимствования материала или отдельных результатов. В тексте пояснительной записки недопустимыми являются орфографические и синтаксические ошибки и опiski, небрежное оформление текста, рисунков, таблиц.

В табл. 2 показаны последовательность размещения материала пояснительной записки курсового проекта, краткое содержание каждой структурной части и рекомендуемый объем в страницах рукописного текста.

В расчетно-пояснительной записке курсового проекта должны быть следующие структурные части:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- содержание;
- обозначения и сокращения;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложение.

Нумерация листов пояснительной записки начинается с титульного листа, номер на котором не проставляется, и завершается последним листом записки. Страницы приложения имеют сквозную нумерацию с текстом пояснительной записки.

## **3.2. Оформление пояснительной записки**

Пояснительная записка является основным текстовым документом дипломного проекта и оформляется в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106, ГОСТ 7.32 и стандартом предприятия.

Пояснительная записка к курсовому проекту должна иметь объем порядка 30 - 40 страниц рукописного или машинописного текста формата А4, включая иллюстрирующие материалы (чертежи, схемы, диаграммы, графики, рисунки).

Титульный лист пояснительной записки может быть выполнен любым печатным способом и распечатан на принтере на одной стороне листа белой бумаги формата А4. Допускается выполнение титульного листа рукописным способом: тушью, пастой или чернилами черного цвета. На титульном листе выполняется рамка, ограничивающая поля: левое – 20 мм, правое, верхнее и нижнее – по 5 мм. Перенос слов на титульном листе не допускается. Точка в конце фраз не ставится. Структура титульного листа приведена в прил. 1.

### **3.2.1. Оформление структурных частей и разделов**

В пояснительной записке должен быть соблюден порядок следования перечисленных выше структурных частей и указано их наименование. Заголовки структурных частей и разделов основной части пишутся

прописными буквами. Структурные части, а также каждый раздел основной части начинают с нового листа.

Таблица 2

Структурная часть	Требования к содержанию	Объем
Титульный лист	Пример заполнения титульного листа ПЗ курсовой работы приведен в прил.1	1
Задание на курсовую работу	Приводится задание на курсовую работу для конкретного варианта	1
Содержание	Указываются обозначения и наименования разделов и подразделов, номера страниц, на которых размещается начало материала. Пример оформления содержания приведен в прил. 2. В содержание включаются только те разделы, которые следуют в тексте записки после него	1 – 2
Обозначения и сокращения	Обозначения и сокращения располагаются в алфавитном порядке столбцом: слева – символ, справа - детальная расшифровка с указанием размерности. В перечень включаются условные обозначения, повторяющиеся в тексте более трех раз	1
Введение	Приводится характеристика современного состояния решаемой в работе задачи	1
1. Наименование раздела 1 2. Наименование раздела 2 3. Наименование раздела 3 4. Наименование раздела 4	Наименование разделов, их количество и содержание определяются студентом самостоятельно, исходя из задания на проектирование. В них описываются теоретические положения работы, используемые методы, приводятся результаты теоретических расчетов, анализа, делаются выводы	15 - 20
Заключение	Приводятся краткие выводы о результатах выполненной работы, оформленные в виде нумерованных абзацев, с использованием ссылок на результаты работы	1
Список использованных источников	Список источников составляется в соответствии с ГОСТ 7.1	1

Приложение	В приложение выносятся материалы, поясняющие основное содержание работы, громоздкие выкладки и доказательства, таблицы, рисунки, программная документация. Для каждого приложения обязательным является содержательное наименование	1
------------	---	---

Заголовки структурных частей не нумеруются и размещаются симметрично границам текста, например:

**ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ  
ВВЕДЕНИЕ**

Заголовки разделов основной части нумеруются и размещаются в строке, начиная с абзацного отступа. Точка в конце заголовков не ставится. Точка не ставится также после номера раздела, подраздела и пункта. Заголовки подразделов и пунктов записываются строчными буквами (первая - прописная), начиная с абзацного отступа, например:

### **3 ЗАГОЛОВОК ТРЕТЬЕГО РАЗДЕЛА**

#### **3.1 Заголовок первого подраздела третьего раздела**

- 3.1.1
  - 3.1.2
  - 3.1.3
- } Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела

#### **3.2 Заголовок второго подраздела третьего раздела**

- 3.2.1
  - 3.2.2
  - 3.2.3
- } Нумерация пунктов второго подраздела третьего раздела

Если раздел состоит из одного подраздела, то подраздел не нумеруется. Если подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется. Наличие одного подраздела в разделе эквивалентно его фактическому отсутствию.

Перенос слов в заголовках и подчеркивание не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, то между ними ставится точка. Расстояние между заголовком и текстом, а также между заголовком раздела и подраздела должно быть равно 10 мм. Текст предыдущего раздела отделяется от заголовка последующего расстоянием 15 мм.

#### **3.2.2. Оформление текста**

Пояснительная записка выполняется на листах белой бумаги формата А4 (размер 210 × 297 мм), без рамки, с оставлением полей: левого и верхнего не менее 20 мм, правого и нижнего не менее 10 мм. Страницы записки следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без

точки. На титульном листе (первом) номер не проставляется. Все листы пояснительной записки, включая приложение, имеют сквозную нумерацию.

Текст пояснительной записки может быть выполнен любым печатным способом и распечатан на принтере на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков не менее 2,5 мм (кегель не менее 12). Рукописный вариант выполняется тушью, пастой или чернилами одного (синего, черного) цвета, четко и разборчиво. Вписывать отдельные слова, буквы, формулы необходимо тушью, пастой или чернилами того же цвета.

Для написания пояснительной записки может использоваться текстовый процессор MS Word, который позволяет создать документ нужной структуры и придать документу требуемый внешний вид. Рекомендуется использовать шрифт Times New Roman, размер 12 пунктов, междустрочный интервал полуторный. Для акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, теоремах разрешается использовать форматирование текста, применяя списки или шрифты разной гарнитуры.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе подготовки записки, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью – рукописным способом. Повреждения листов, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

Фамилии, названия учреждений, организаций, фирм, название изделий, изданий, собственные имена в тексте пояснительной записки приводят на языке оригинала. Допускается выполнять транслитерацию имен собственных и приводить названия организаций в переводе на русский язык с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

При составлении текста пояснительной записки следует *использовать научный стиль изложения материала*. При этом текст необходимо разбивать на абзацы, содержащие законченные этапы рассуждений и расчетов. Рекомендуется использовать *рассуждение*, в котором утверждается или отрицается какое-то явление, факт, понятие. Рассуждение строится по следующему плану: *тезис – аргументы, доказывающие его, – вывод*.

Необходимо стремиться к краткому изложению материала в научном стиле. Терминология и определения должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам, а при отсутствии стандарта - общепринятым в научно – технической литературе. Изложение материала в научном стиле предполагает также:

- использование специальной фразеологии;
- вводных слов (действительно, конечно, несомненно, известно, разумеется, вероятно, очевидно, к сожалению, по мнению автора работы [8], во-первых, следовательно, значит, итак, напротив, наоборот, например, иначе говоря и т.п.);

- безличных глаголов (считается, принимается, устанавливается, не допускается, указывается, предполагается, записывается и т.д.).

### 3.2.3. Сокращения слов в тексте и написание чисел

Сокращения слов в тексте и подписях под рисунками, как правило, не допускаются. Исключение составляют сокращения, общепринятые в русском языке или установленные ГОСТ 2.316. Напомним, что к общепринятым сокращениям в русском языке относятся:

во всех случаях – т.е. (то есть), в конце фразы - и т.п. (и тому подобное), и т.д. (и так далее), и др. (и другие), и мн. др. (и многие другие), и пр. (и прочие); при ссылках и сносках – см. (смотри); ср. (сравни); табл. (таблица); рис. (рисунок); с. (страница); л. (лист); п. (пункт); пп. (подпункт); разд. (раздел); черт. (чертеж).

Не следует сокращать слова и словосочетания: *графа, уравнение, формула, так как, так что, например, более или менее, таким образом, должно быть, около, так называемый, главным образом.*

Слова maximum, minimum для индексов следует применять в сокращенном виде max, min; в тексте следует писать их по - русски, с требуемым падежным окончанием.

Написание чисел в тексте пояснительной записки выполняют в соответствии со стандартом СТ СЭВ 543 «Числа. Правила записи и округления».

Многоразрядные количественные числительные записывают с пробелами по классам, например, *пройдено 123 456 789 км дороги.* Многоразрядные порядковые числительные на классы не разбивают, например *на 123456789 –м километре.* Без пробелов между цифрами пишутся графические отличительные знаки, например: № 657890.

При перечислении однородных величин в виде чисел сокращенное обозначение единицы измерения следует ставить после последней цифры, например: *5, 15 и 35 %.* Для величин, имеющих отрицательное значение, вместо знака «минус» в тексте перед ними следует писать слово *минус.*

Нельзя соединять текст с условными и математическими обозначениями. Например, нельзя писать: «*частота модуляции = 150 кГц*». Правильно будет: «*частота модуляции равна 150 кГц*».

Математические знаки (>, <, cos, sin, lg, %, 0, N, Σ, ∫, ∞) применяют только в сопровождении цифровых или буквенных обозначений. Не допускается использовать их в тексте вместо соответствующих слов. В тексте следует писать словами: *нуль, логарифм, номер, синус, сумма* и т. п.

Порядковые числительные следует писать цифрами в сопровождении сокращенных падежных окончаний: *3-й стэнд; 2-е сопротивление; 1, 2 и 3-й графики.* Количественные числительные пишутся без падежных окончаний, например: *в 10 случаях, на 15 листах.* Не допускаются падежные окончания в датах (*12 апреля*) и при римских цифрах.

Отвлеченные числа до девяти следует писать в тексте словами, свыше девяти - цифрами (например: *пять кривых*, 10 дней). Числа с размерностью пишутся цифрами, а без размерности - словами, например: *входное сопротивление 200 Ом*, два испытания.

### 3.2.4. Формулы

Математические уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Формулы располагаются симметрично границам текста. Формулы нумеруются в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, которые разделяются точкой. Номер заключается в круглые скобки и размещается в крайнем правом положении на строке на уровне формулы.

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например: формула (В.1).

Ссылку в тексте на номер формулы дают в круглых скобках, например: *ширина полосы пропускания согласно формуле (3.5) равна 100 кГц*.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Значения символов и коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой.

Первая строка расшифровки должна начинаться без абзацного отступа со слова *где* без двоеточия после него. Расшифровку значений символов с указанием единиц физических величин и коэффициентов выполняют сплошной строкой в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Непосредственно после формулы ставится необходимый знак препинания (точка или запятая), например:

$$h(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{y-j\infty}^{y+j\infty} \frac{K(p)}{p} e^{pt} dp, \quad (3.1)$$

где  $h(t)$  - переходная характеристика цепи;  $K(p)$  - операторный коэффициент передачи цепи по напряжению,  $p$  - оператор преобразования Лапласа.

Формулы, которые не вписываются в одну строку, переносят на другую на знаках равенства, сложения, вычитания и умножения. Эти знаки повторяют в начале и конце переноса.

Расчеты по формулам выполняют на листах пояснительной записки. После формулы, записанной в требуемой форме, ставят знак равенства. Далее в формулу подставляют числовые значения параметров и приводят результат вычисления с обязательным указанием размерности полученной величины. Значения всех физических величин, применяемых в формулах, должны быть



выражены в единицах СИ согласно ГОСТ 8.417, а также кратных и дольных от них.

### 3.2.5. Таблицы

Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей. Цифровой, а при необходимости и текстовой материал пояснительной записки оформляется в виде таблиц в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105 и ГОСТ 1.5. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице или выносить в приложение. На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово *таблица* с указанием ее номера.

Структура таблицы показана на рис. 8. Название таблицы, при его наличии, должно отражать содержание таблицы, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа от левой границы таблицы, в одну строку с ее номером, через тире, например: Таблица 2.3 – Вероятности обнаружения сигнала.

Таблицы нумеруют в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Разрешается нумеровать таблицы в пределах всей пояснительной записки. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена *Таблица* или *Таблица В*, если она приведена в прил. В.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При этом над последующей частью помещается надпись *Продолжение таблицы 1.2*, *Окончание таблицы 1.2*. При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

Размеры таблицы выбираются произвольно, высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, 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.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы.

Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф. Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте. Для

облегчения необходимых в тексте пояснительной записки ссылок на таблицу допускается нумерация граф и строк. Диагональное деление головки таблицы не допускается. Графу № п/п в таблицу не включают.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков таблицы отдельные понятия заменяются буквенными обозначениями, введенными в тексте. Заголовки граф и строк указываются в единственном числе. Если цифровые данные в графах таблицы имеют различную размерность, то она указывается в заголовке каждой графы.

Таблица Х.Х – Название таблицы

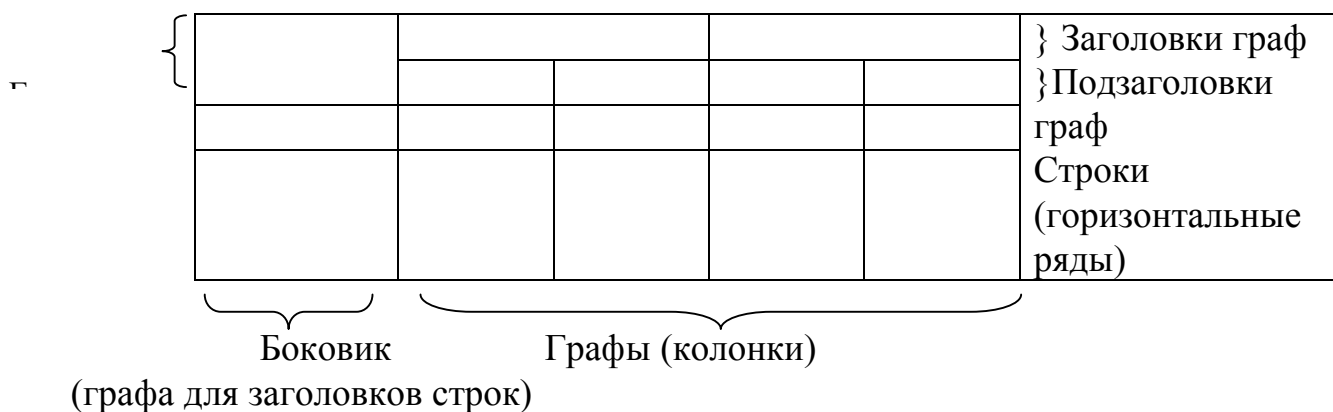


Рис. 8. Структура таблицы

Если в строке таблицы все данные приводятся для одной физической величины, то размерность ее указывается в соответствующем заголовке строки. Если все данные имеют одинаковую размерность, то она приводится над таблицей.

Повторяющийся в графе таблицы текст, состоящий из одного слова, допускается заменять кавычками, если строки в таблице не разделены линиями. Если повторяющийся текст состоит более чем из одного слова, то при первом повторении его заменяют словом *то же*, а далее кавычками.

Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, знаков, марок, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в графах таблицы не приводятся, то в соответствующих графах таблицы ставится тире. Цифры в графах таблицы располагаются так, чтобы классы чисел во всей графе были точно один под другим. Количество десятичных знаков числовых величин в одной графе должно быть одинаковым.

### 3.2.6. Иллюстрации

Для пояснения текста и большей наглядности материала в пояснительной записке следует использовать иллюстрации: рисунки, фотоснимки, схемы, чертежи, диаграммы, документы, полученные с применением печатающих и графических устройств, и т. п. Иллюстрации могут быть черно - белыми и цветными. Иллюстрации размером меньше формата А4 должны быть наклеены на стандартные листы белой бумаги.

Необходимо подчеркнуть, что пояснительная записка должна содержать весь тот материал, который выносится на листы графической документации, предназначенные для защиты проекта. Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице или выносить в приложение.

Все иллюстрации в тексте пояснительной записки называются *рисунками* и нумеруются в пределах каждого раздела по типу: *рисунок 2.1* (первый рисунок второго раздела). Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией (сквозной по приложению): арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения, например: рисунок А.3 – третий рисунок приложения А.

На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации по документу и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела. Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации даются с сокращенным словом *смотри*, например – *см. рисунок 2.1*.

Рисунки выполняют непосредственно на листах пояснительной записки либо на листах кальки, чертежной или миллиметровой бумаги формата А4 (А3). Чертежи и схемы, оформленные рамкой и основной надписью, должны складываться к формату А4 с присвоением им порядковых номеров (листов текста и рисунков).

На рисунках должна быть только та информация, которая помогает при чтении текста уяснить суть излагаемого вопроса. Рисунки помещают так, чтобы их можно было рассматривать без поворота пояснительной записки (либо с поворотом пояснительной записки на 90° по часовой стрелке).

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст).

Наименование иллюстрации включает слово *рисунок* полностью. Слово *рисунок* и его наименование располагают посередине строки. Наименование помещают *после пояснительных данных* и располагают следующим образом:

Рисунок 1.2 – Функциональная схема устройства обнаружения сигналов

Для наглядного представления функциональных зависимостей двух или более переменных величин рекомендуется использовать диаграммы различных типов (ГОСТ 2.319-81): в прямоугольных и полярных координатах, столбиковые, секторные, шкалы которых могут быть равномерными, полу - или логарифмическими.

В научных текстах широко применяются диаграммы в прямоугольных координатах, на которых ярко выражена кривая, отображающая общую зависимость функции от аргумента. При оформлении диаграмм переменные величины указываются наименованием (или символом) и размещаются у середины шкалы с ее внешней стороны, а при сочетании символа с единицей измерения надпись размещается в конце шкалы после последнего числа в виде дроби (символ/ед. измерения) либо в виде символ, единица измерения. Единицы измерения величин должны соответствовать Международной системе (СИ).

Значения величин откладываются на осях координат в линейном или нелинейном (например, логарифмическом) масштабах изображения. Масштаб изображения для каждого направления координат может быть разным. В прямоугольной системе координат независимая переменная откладывается по оси абсцисс. Следует обратить особое внимание на то, что точки диаграммы, полученные расчетным путем или экспериментально, обозначаются графически кружком, крестиком и поясняются в тексте.

Качественное изображение зависимостей выполняется без шкал, при этом оси координат заканчиваются стрелками, указывающими направление возрастания значений величин.

### **3.2.7. Приложения**

Приложение оформляют как продолжение пояснительной записки на последующих листах или выпускают в виде самостоятельного документа.

В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова ПРИЛОЖЕНИЕ и его обозначения.

После слова ПРИЛОЖЕНИЕ следует буква, обозначающая его последовательность. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами. Если в документе одно приложение, то оно обозначается одним словом ПРИЛОЖЕНИЕ.

Приложение должно иметь содержательный заголовок, который записывают над текстом приложения симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой, например:

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Программа расчета частотных характеристик

Ссылка на каждое приложение обязательно должна присутствовать в тексте пояснительной записки, а в содержании указывают все приложения. Заголовок приложения выносится в содержание документа, строка содержания имеет следующий вид:

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Программа расчета частотных характеристик .....15

При ссылке на приложение в тексте пояснительной записки пишут слово *приложение* полностью строчными буквами и указывают его обозначение, например: «...в *приложении А* приведен расчет характеристик фильтра».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы/ С.И. Баскаков. М.: Высшая школа, 2000. 536 с.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: руководство к решению задач: сборник задач/ С.И. Баскаков. М.: Высшая школа, 2002. 214 с.
3. Галустов Г.Г. Радиотехнические цепи и сигналы: примеры и задачи/ Г.Г. Галустов, И.С. Гоноровский, Н.П. Демин. М.: Радио и связь, 1989. 248 с.
4. Белецкий А.Г. Теория линейных электрических цепей/ А.Г. Белецкий. М.: Радио и связь, 1986. 544 с.
5. Бессонов Л.А. Линейные электрические цепи/ Л.А. Бессонов. М.: Высшая школа, 1983. 336 с.
6. Воробийенко П.П. Теория линейных электрических цепей. Сборник задач и упражнений: учеб. пособие для вузов/ П.П. Воробийенко. М.: Радио и связь, 1989. 328 с.
7. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы/ И.С. Гоноровский. М.: Радио и связь, 1986. 512 с.
8. Зернов Н.В. Теория радиотехнических цепей/ Н.В. Зернов, В.Г. Карпов. Л.: Энергия, 1972. 816 с.
9. Лосев А.К. Теория линейных электрических цепей/ А.К. Лосев. М.: Высшая школа, 1987. 512 с.
10. Попов В.П. Основы теории цепей/ В.П. Попов. М.: Высшая школа, 1985; 2000. 496 с.
11. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие для вузов/ Васильев Д.В. [и др.]; под ред. К.М. Самойло. М.: Радио и связь, 1982. 528 с.
12. Сапаров В.Е. Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике: учебное пособие для вузов/ В.Е. Сапаров, Н.А. Максимов. М.: Радио и связь, 1985. 248 с.

13. Усатенко С.Г. Выполнение электрических схем по ЕСКД: справочник/ С.Г Усатенко, Т.К Каченюк, М.В Терехова. М.: Изд-во стандартов, 1989. 325 с.
14. Трухин М.П. Анализ преобразований сигналов в типовых радиотехнических звеньях/ Трухин М.П. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2002. 32 с.
15. Трухин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы. Спектральный и корреляционный анализ радиотехнических сигналов/ М.П.Трухин Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2002. 36 с.

## Пример оформления титульного листа

Федеральное агентство по образованию  
Уральский государственный технический университет – УПИ  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина  
Кафедра теоретических основ радиотехники

Оценка работы \_\_\_\_\_

Члены комиссии \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# **АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ АКТИВНОЙ ЦЕПИ**

## **КУРСОВАЯ РАБОТА**

### **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

NNNNNN 000000 0NN ПЗ

Руководитель доц., канд. техн. наук	Подпись _____	ФИО _____
Студент	_____	_____
Группа	_____	
Номер зачетной книжки	_____	



## Пример оформления содержания

### СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПИ .....	6
1.2 Определение передаточной функции цепи .....	7
1.3 Анализ частотных характеристик .....	10
1.3.1 Амплитудно-частотная характеристика .....	11
1.3.2 Фазочастотная характеристика .....	13
1.3.3 Влияние изменяемого параметра цепи на частотные характеристики .....	14
1.4 Анализ временных характеристик цепи .....	16
1.4.1 Переходная характеристика цепи .....	16
1.4.2 Импульсная характеристика цепи .....	19
1.4.3 Влияние изменяемого параметра цепи на временные характеристики .....	21
2 СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВХОДНОГО СИГНАЛА .....	23
2.1 Спектральная плотность .....	23
2.2 Энергетический спектр .....	25
3 ПРОХОЖДЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНУЮ ЦЕПЬ .....	26
3.1 Нахождение выходного сигнала методом интеграла наложения .....	26
3.2 Сравнение графиков входного и выходного сигналов .....	28
3.3 Определение спектра выходного сигнала спектральным методом .....	30
3.4 Сравнение спектральных характеристик сигнала на входе и выходе .....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Частотные характеристики цепи .....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спектральные характеристики сигнала .....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Текст программы расчета характеристик .....	39

*Учебное издание*

## **АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ АКТИВНОЙ ЦЕПИ**

Составитель **Лысенко** Тамара Михайловна

Редактор *О.В. Байгулова*

Корректор *М.Ю. Петров*

---

Подписано в печать 28.09.2008

Формат 60×84 1/16

Бумага писчая      Плоская печать

Усл. печ. л. 1,86

Уч. – изд. л. 1,5      Тираж 100 экз.

Заказ

---

Редакционно - издательский отдел УГТУ–УПИ

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

[rio@mail.ustu.ru](mailto:rio@mail.ustu.ru)

Участок оперативной полиграфии

Центра аудиовизуальных технологий и полиграфии

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19