

# КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Основы теории цепей» на тему

## «Анализ линейных цепей»

Для студентов групп: М40–201С, 202С, 203С, 205С, 206С, 207С

Весенний семестр 2017/18 учебного года

### Подготовительный этап

Получите у преподавателя Ваш номер варианта задания. Согласно номеру варианта определите в таблице 1 номер схемы и параметры исследуемого контура. По номеру схемы определите топологию цепи из таблицы 2.

### Часть I. Анализ частотных характеристик

1. Рассчитайте номиналы элементов схемы контура, обеспечивающие заданные параметры Вашего варианта. Эти значения будут использованы для всех численных расчётов в Вашей работе.
2. Запишите аналитическое выражение комплексного сопротивления  $Z(\omega)$  относительно зажимов источника напряжения или комплексной проводимости  $Y(\omega)$  относительно зажимов источника тока.
3. Найдите аналитическое выражение для модуля и аргумента, действительной и мнимой частей комплексного сопротивления  $Z(\omega)$  или комплексной проводимости  $Y(\omega)$ . Постройте графики полученных зависимостей и по ним определите резонансную частоту  $\omega_0$ , полосу пропускания  $\Delta\omega$ , добротность  $Q$ .
4. Определите аналитическое выражение комплексной частотной характеристики (КЧХ) колебательного контура, связывающей заданную реакцию и величину, создаваемую источником, подключенным к контуру.
5. Найдите аналитическое выражение и построьте графики для АЧХ и ФЧХ. Оцените по графикам параметры контура: резонансную частоту  $\omega_0$ , полосу пропускания  $\Delta\omega$ , добротность  $Q$ , а также максимальный коэффициент передачи  $K_{\max}$ .
6. Постройте векторные диаграммы для токов (в узлах) и напряжений (вдоль контуров) схемы на частоте  $\omega_0$ , а также на частоте  $\omega_n$  или  $\omega_b$ .
7. Сделайте выводы по части I. Выводы могут включать в себя следующее:
  - сопоставление значений, заданных в варианте, со значениями, оцененными в пунктах 3 и 5;
  - объяснение поведения модуля, аргумента, действительной и мнимой частей  $Z(\omega)$  или  $Y(\omega)$ ;
  - объяснение поведения модуля и аргумента комплексной частотной характеристики на разных частотах с помощью эквивалентных схем;
  - сопоставление результатов, полученных в пунктах 3 и 5;
  - пояснение характера и причин различия векторных диаграмм колебательного контура для двух разных частот.

## Часть II. Анализ с использованием динамических уравнений

В качестве воздействия выберите сигнал из таблицы 3, параметры которого определяются по номеру варианта.

1. Составьте систему динамических уравнений, описывающую цепь в переменных состояния.
2. Составьте динамическое уравнение «вход-выход», связывающее заданную реакцию и воздействие, представленное в цепи независимым источником.
3. Определите начальные условия для искомой реакции:
  - а. Определите независимые начальные условия (начальные состояния цепи).
  - б. Пересчитайте независимые начальные условия в зависимые (если искомая реакция не является переменной состояния).
4. Решите динамическое уравнение с учетом начальных условий (начальную задачу Коши):
  - а. Найдите собственное решение ДУ.
  - б. Найдите вынужденное решение ДУ.
  - с. Определите неизвестные постоянные общего решения, используя начальные условия.
5. Постройте график найденной реакции. Оцените по этому графику параметры колебательного контура: резонансную частоту, добротность, полосу пропускания.
- 6\*. Решите систему динамических уравнений (из пункта 1):
  - а. Определите выражения для переменных состояния.
  - б. Постройте их графики.
  - с. Проверьте, что подходящая линейная комбинация переменных состояния образует реакцию, совпадающую с найденной в пункте 4.
7. Сделайте выводы по части II. Выводы могут включать в себя следующее:
  - качественный анализ динамического уравнения;
  - сопоставление параметров контура (добротность, резонансная частота), представленных в задании и их значений, оцененных по найденной реакции;
  - пояснение различия параметров контура: заданных и оцененных по его реакции;
  - физическое объяснение поведения реакции колебательного контура в момент скачка.

## Часть III. Операторный анализ

В качестве воздействия выберите сигнал из таблицы 3, параметры которого определяются по номеру варианта.

1. Составьте операторную схему замещения заданной цепи с учётом начальных условий.

а. определите выражение для системной функции, связывающей реакцию и воздействие в заданной цепи;

б. найдите операторные коэффициенты, определяющие вклад начальных состояний цепи в реакцию.

2. Определите начальные состояния цепи и изображения входного воздействия для заданного входного сигнала.

3. Используя результаты пунктов 1 и 2, определите изображение сигнала на выходе цепи. Восстановите выходной сигнал по его изображению. Постройте график.

4. Постройте для системной функции диаграмму особых точек (диаграмму нулей и полюсов).

5. Определите выражение для комплексной частотной характеристики, используя выражение для системной функции. Постройте графики амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик. Оцените параметры контура по графикам АЧХ и ФЧХ.

6\*. Проанализируйте влияние положения полюсов на комплексной плоскости на параметры контура. Проиллюстрируйте изменения с помощью серии графиков частотной характеристики.

7\*. Проанализируйте взаимное соответствие между положениями полюсов на комплексной плоскости и значениями номиналов элементов цепи. Постройте графики объясняющих зависимостей.

8. Сделайте выводы по части III. Выводы могут включать в себя следующее:

- сравнение оценок параметров колебательного контура, полученных по графикам реакции из пункта 3, с исходными параметрами, заданными в варианте;
- анализ диаграммы нулей и полюсов (пункт 4);
- объяснение общего вида (эскиза) частотной характеристики (пункт 5) с использованием диаграммы нулей и полюсов;
- подробные комментарии по пунктам 6 и 7.

## Часть IV. Временной анализ

Получите у преподавателя воздействия, используемые в этой части работы.

1. Определите импульсную характеристику заданной цепи.
  - a. Определите точное выражение.
  - b\*. Определите приближенные выражения. Укажите условия допустимости таких приближений. Оцените погрешности приближения параметров.
2. Постройте график импульсной характеристики. Оцените по нему параметры контура.
- 3\*. Определите выражение для переходной характеристики цепи. Постройте её график.
4. Определите сигнал на выходе цепи путём свертки заданного входного сигнала и импульсной характеристики:
  - a. аналитическим расчётом интеграла свёртки;
  - b. численным расчетом интеграла свертки с использованием выбранного программного пакета.
5. Постройте график выходного сигнала, сопоставьте с входным сигналом.
- 6\*. Проанализируйте изменение формы сигнала на выходе цепи в зависимости от изменения длительности (физической длительности) входного сигнала.
7. Сделайте выводы по части IV. Выводы могут включать в себя следующее:
  - анализ формы и параметров импульсной характеристики;
  - анализ выходных сигналов (пункты 5 и 6);

**Таблица 1. Варианты заданий.**

Вар.	Схема	Реакция	Параметры контура		
			$Q$	$f_0$ , кГц	$\rho$ , кОм
1.	1	$v_C(t)$	12	20	0,1 ... 0,11
2.	1	$i_C(t)$	9	22	0,11 ... 0,12
3.	1	$v_L(t)$	11	23	0,13 ... 0,14
4.	1	$i_L(t)$	8	26	0,15 ... 0,16
5.	1	$v_{R1}(t)$	10	28	0,17 ... 0,18
6.	1	$i_{R2}(t)$	7	30	0,19 ... 0,20
7.	2	$v_L(t)$	12	31	0,21 ... 0,22
8.	2	$i_L(t)$	9	33	0,23 ... 0,24
9.	2	$v_C(t)$	11	35	0,25 ... 0,26
10.	2	$i_C(t)$	8	37	0,27 ... 0,28
11.	2	$v_{R1}(t)$	10	39	0,29 ... 0,30
12.	2	$i_{R2}(t)$	7	41	0,31 ... 0,32
13.	3	$i_L(t)$	12	20	0,33 ... 0,34
14.	3	$v_L(t)$	9	22	0,35 ... 0,36
15.	3	$i_C(t)$	11	23	0,37 ... 0,38
16.	3	$v_C(t)$	8	26	0,39 ... 0,40
17.	3	$i_{R2}(t)$	10	28	0,41 ... 0,42
18.	3	$v_{R1}(t)$	7	30	0,43 ... 0,44
19.	4	$i_C(t)$	12	31	0,45 ... 0,46
20.	4	$v_C(t)$	9	33	0,47 ... 0,48
21.	4	$i_L(t)$	11	35	0,49 ... 0,50
22.	4	$v_L(t)$	8	37	0,51 ... 0,52
23.	4	$i_{R2}(t)$	10	39	0,53 ... 0,54
24.	4	$v_{R1}(t)$	7	41	0,55 ... 0,56
25.	5	$v(t)$	14	21	0,57 ... 0,58
26.	5	$i_{R1}(t)$	10	23	0,59 ... 0,60
27.	5	$v_L(t)$	13	25	0,61 ... 0,62
28.	5	$i_L(t)$	9	27	0,63 ... 0,64

Вар.	Схема	Реакция	Параметры контура		
			$Q$	$f_0$ , кГц	$\rho$ , кОм
29.	5	$i_C(t)$	12	29	0,65 ... 0,66
30.	5	$v_C(t)$	8	31	0,67 ... 0,68
31.	5	$v_{R2}(t)$	11	33	0,69 ... 0,70
32.	5	$v_{R3}(t)$	7	35	0,71 ... 0,72
33.	6	$i(t)$	14	37	0,73 ... 0,74
34.	6	$v_{R1}(t)$	10	39	0,75 ... 0,76
35.	6	$i_C(t)$	13	41	0,77 ... 0,78
36.	6	$v_C(t)$	9	43	0,79 ... 0,80
37.	6	$i_L(t)$	12	45	0,81 ... 0,82
38.	6	$v_L(t)$	8	47	0,83 ... 0,84
39.	6	$i_{R2}(t)$	11	49	0,85 ... 0,86
40.	6	$i_{R3}(t)$	7	51	0,87 ... 0,88

**Таблица 2. Схемы колебательных контуров**

<p style="text-align: center;">Схема 1</p>	<p style="text-align: center;">Схема 2</p>
<p style="text-align: center;">Схема 3</p>	<p style="text-align: center;">Схема 4</p>
<p style="text-align: center;">Схема 5</p>	<p style="text-align: center;">Схема 6</p>

### Таблица 3. Варианты воздействий для части II

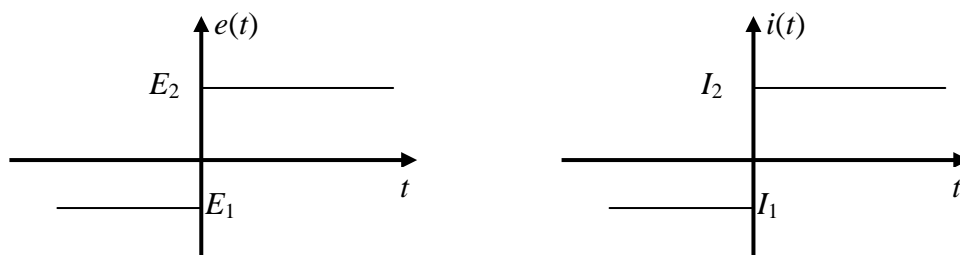


Рис. 1. Форма воздействия, создаваемая источником.

Для схем 3, 4, 6: величина  $E_1 = N_1$  [В],  $E_2 = N_2$  [В]

Для схем 1, 2, 5: величина  $I_1 = N_1$  [мА],  $I_2 = N_2$  [мА]

Вариант	$N_1$	$N_2$		Вариант	$N_1$	$N_2$
1	-1	2		21	-1	2
2	-2	4		22	-2	4
3	-3	6		23	-3	6
4	-4	8		24	-4	8
5	-5	10		25	-5	10
6	-6	12		26	-6	12
7	-2	2		27	-2	2
8	-3	3		28	-3	3
9	-4	4		29	-4	4
10	-5	5		30	-5	5
11	-16	16		31	-16	16
12	-10	10		32	-10	10
13	-2	3		33	-2	3
14	-5	8		34	-5	8
15	-8	12		35	-8	12
16	-7	11		36	-7	11
17	-4	6		37	-4	6
18	-3	4		38	-3	4
19	2	5		39	2	5
20	3	7		40	3	7