

Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ГАРМОНИЧЕСКОГО ТОКА

Методические указания к контрольной работе и домашнему заданию по курсу «Основы теории цепей» для студентов дневной формы обучения направления 230100 – Информатика и вычислительная техника

Екатеринбург  
2012

УДК 621.3.01

Составитель В.А. Матвиенко

Научный редактор доц., канд. техн. наук В.И. Паутов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ГАРМОНИЧЕСКОГО  
ТОКА : методические указания к контрольной работе и домаш-  
нему заданию по курсу «Основы теории цепей» /  
В.А. Матвиенко. – Екатеринбург : ФГАОУ ВПО УрФУ, 2012. – 11 с.

Методические указания предназначены для студентов дневной фор-  
мы обучения направления 230100 – Информатика и вычислительная  
техника и содержат задания к контрольной и домашней работам по курсу  
«Основы теории цепей», указания по выполнению и требования к оформ-  
лению работ.

Библиогр.: 15 назв. Рис. 7. Табл. 2

Подготовлено кафедрой автоматики.

# 1. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

## 1.1. РАСЧЁТНОЕ ЗАДАНИЕ

Для заданной электрической цепи (рис. 1–3), в которой  $R_5 = 75 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 100 \text{ Ом}$ , а остальные параметры указаны в табл. 1, требуется рассчитать:

- все токи и напряжения методом контурных токов;
- все токи и напряжения методом узловых напряжений;
- ток через сопротивление  $R_6$  методом эквивалентного источника.

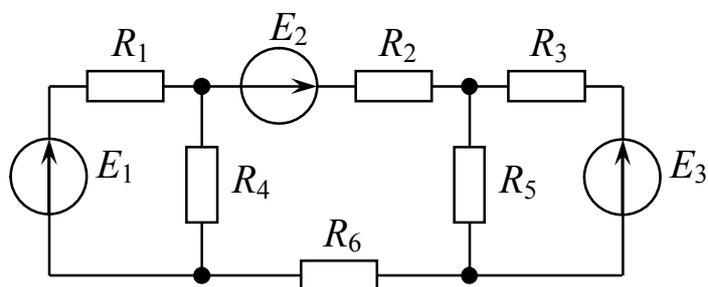


Рис. 1

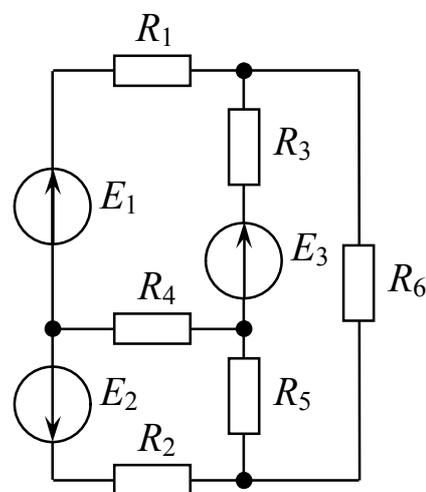


Рис. 2

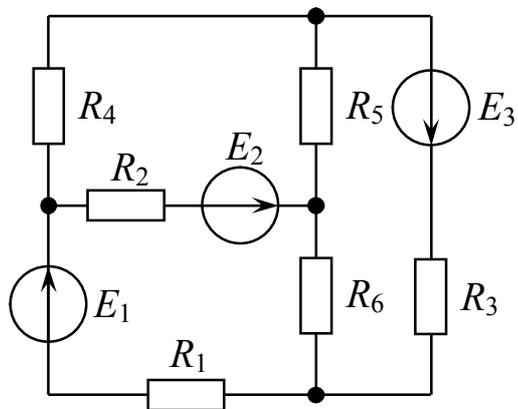


Рис. 3

Таблица 1

Номер варианта	Номер схемы	$E_1, \text{В}$	$E_2, \text{В}$	$E_3, \text{В}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	$R_4, \text{Ом}$
1	1	15	10	5	100	200	300	240
2	2	10	14	7	47	200	68	82
3	3	2	10	3	30	180	43	56

Номер варианта	Номер схемы	$E_1, В$	$E_2, В$	$E_3, В$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$
4	1	10	5	2	82	120	240	300
5	2	9	15	6	68	210	82	56
6	3	1	9	4	51	160	75	75
7	1	5	8	15	68	130	150	100
8	2	8	16	5	91	180	100	120
9	3	2	10	5	68	150	120	39
10	1	2	6	10	39	120	100	150
11	2	15	4	8	160	200	82	20
12	3	3	11	1	91	130	39	120
13	1	5	10	12	20	130	200	240
14	2	6	14	3	62	150	180	15
15	3	4	12	2	100	200	20	150
16	1	14	16	10	10	120	240	200
17	2	5	13	2	43	150	210	20
18	3	5	13	2	120	180	51	91
19	1	12	10	9	20	100	200	150
20	2	6	14	4	160	200	100	51

## 1.2. УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

Порядок расчета цепи методом контурных токов:

- выберите независимые контуры;
- введите контурные токи и выберите их условно положительные направления;
- составьте контурные уравнения. Направление обхода контуров целесообразно выбрать совпадающим с контурным током. Если контурные токи в общем сопротивлении протекают в одном направлении, то общее сопротивление входит в уравнение со знаком плюс, если встречно – то со знаком минус;
- решите полученную систему уравнений относительно контурных токов;
- определите токи в ветвях;
- определите напряжения на элементах цепи;

- убедитесь в правильности решения задачи, для чего проверьте выполнение первого закона Кирхгофа в каждом из узлов цепи и второго закона Кирхгофа в каждом выбранном независимом контуре.

Порядок расчета цепи методом узловых напряжений:

- все независимые источники напряжения преобразуйте в эквивалентные источники тока;
- выберите базисный узел и введите узловые напряжения, отсчитываемые по отношению к базисному узлу. В качестве базисного целесообразно выбирать узел, в котором сходится наибольшее количество ветвей;
- составьте узловые уравнения цепи;
- решите полученную систему уравнений относительно узловых напряжений;
- определите напряжения на элементах заданной цепи;
- определите токи в ветвях заданной цепи (обратите внимание, что токи в ветвях и напряжения на элементах должны быть рассчитаны в *заданной* цепи, а не в *эквивалентной цепи с источниками тока*);
- убедитесь в правильности решения задачи, для чего проверьте выполнение первого закона Кирхгофа в каждом из узлов цепи и второго закона Кирхгофа в каждом выбранном независимом контуре.

При расчёте тока через сопротивление  $R_6$  методом эквивалентного источника ЭДС или ток эквивалентного источника могут быть найдены методом контурных токов или методом узловых напряжений. Внутреннее сопротивление эквивалентного источника можно найти с помощью преобразования треугольника в звезду или звезды в треугольник. Убедитесь в правильности нахождения тока через сопротивление  $R_6$ , сопоставив полученный результат с результатами решения задачи методами контурных токов и узловых напряжений.

Точность приближенных вычислений должна обеспечивать не менее трёх значащих цифр в результатах (значащими цифрами называют все верные цифры числа, кроме нулей слева).

## 2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

### 2.1. РАСЧЁТНОЕ ЗАДАНИЕ

Для заданной электрической цепи (рис. 4–7), параметры которой указаны в табл. 2, требуется:

- получить аналитические выражения для комплексного коэффициента передачи по напряжению  $K_U(j\omega) = U_2 / U_1$ , амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик;
- найти в общем виде частоту  $\omega_0$ , на которой входные и выходные колебания будут синфазны, и коэффициент передачи по напряжению на этой частоте  $K_U(\omega_0)$ . По полученным формулам рассчитать численные значения  $\omega_0$  и  $K_U(\omega_0)$ ;
- построить графики амплитудно-частотной, фазочастотной и амплитудно-фазовой характеристик. На всех графиках нанести точку, в которой входные и выходные колебания будут синфазны.

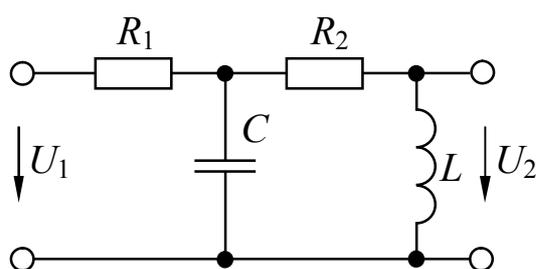


Рис. 4

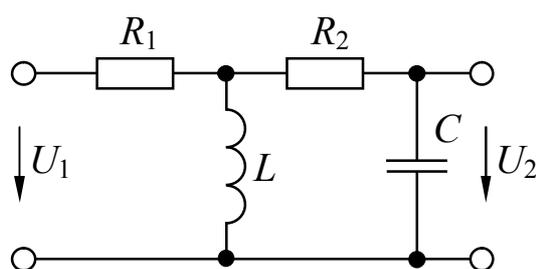


Рис. 5

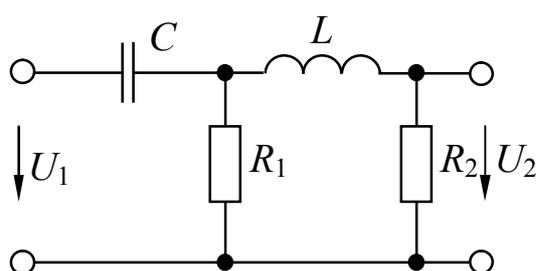


Рис. 6

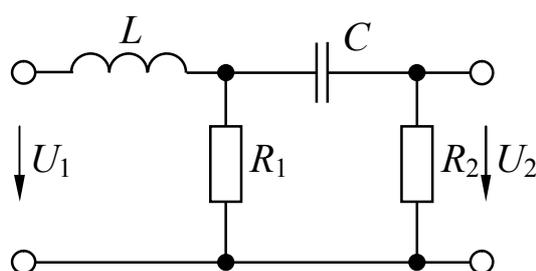


Рис. 7

Таблица 2

Номер варианта	Номер схемы	$L$ , мГн	$C$ , мкФ	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом
1	4	4700	0,33	750	680
2	5	2400	0,18	820	510

Номер варианта	Номер схемы	$L$ , мГн	$C$ , мкФ	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом
3	6	120	7,5	910	470
4	7	68	5,1	910	430
5	4	3900	0,27	620	820
6	5	2000	0,13	750	360
7	6	91	5,6	1000	470
8	7	56	3,9	1000	390
9	4	2700	0,24	560	750
10	5	1600	0,1	630	330
11	6	75	4,7	910	510
12	7	47	3,0	1000	470
13	4	2000	0,2	820	910
14	5	1300	0,091	750	330
15	6	62	3,9	1000	510
16	7	39	2,4	910	510
17	4	1600	0,18	820	910
18	5	1100	0,082	750	300
19	6	56	3,3	820	470
20	7	33	2,2	910	470

## 2.2. УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ

При выполнении работы соблюдайте следующие рекомендации:

- аналитическое выражение для комплексного коэффициента передачи по напряжению следует находить методом контурных токов или методом узловых напряжений;
- аналитические выражения для комплексного коэффициента передачи по напряжению, амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик следует записать в общем виде через параметры элементов цепи и после подстановки численных значений величин. Аналитические выражения не должны содержать дробей в числителе и знаменателе;
- частоту  $\omega_0$ , на которой входные и выходные колебания будут синфазны, и коэффициент передачи по напряжению на этой частоте  $K_U(\omega_0)$  вначале следует найти в общем виде, т. е. записать в виде функций  $\omega_0 = f(R_1, R_2, L, C)$  и  $K_U(\omega_0) = f(R_1, R_2, L, C)$ , и лишь затем получить

численные значения, подставив исходные данные в полученные формулы;

- графики амплитудно-частотной, фазочастотной и амплитудно-фазовой характеристик должны быть построены не менее чем по десяти точкам;
- для оси частот графиков амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик следует использовать логарифмический масштаб, однако оцифровка оси должна быть выполнена в значениях частоты  $\omega$ , а не логарифма частоты;
- при построении графика амплитудно-фазовой характеристики масштаб по действительной и мнимой оси комплексной плоскости должен быть строго одинаков. На график следует нанести точки, по которым он был построен, и около каждой точки указать соответствующее численное значение частоты  $\omega$  в радианах в секунду;
- графики могут быть выполнены либо на тех же листах бумаги, на которых расположен текст, либо на отдельных листах миллиметровки формата А4. Допускается строить графики на листах миллиметровки, формат которых соответствует размеру графика, но в этом случае листочки миллиметровки должны быть наклеены на листы белой писчей бумаги формата А4;
- если графики строят на листах белой нелинованной бумаги, то они должны иметь координатную сетку. Если графики выполняют на миллиметровке, то вместо координатной сетки достаточно нанести на оси координат масштаб в виде коротких засечек;
- координатные оси графиков следует вычерчивать сплошными линиями без стрелок на конце. Численные значения масштаба шкал осей координат наносят левее оси ординат и ниже оси абсцисс. У крайних засечек вместо цифровых значений указывают условные обозначения отложенных величин и рядом, через запятую, – их размерность;
- точность приближенных вычислений должна обеспечивать не менее трёх значащих цифр в результате.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТ

- 3.1. Контрольная работа и домашнее задание должны быть оформлены в виде пояснительных записок, аккуратно выполненных на стандартных листах белой писчей бумаги формата А4 (210 × 297мм).
- 3.2. По всем четырём сторонам листа должны оставаться поля. Минимальные размеры полей: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 15 мм и снизу – 20 мм.
- 3.3. Текст работы рекомендуется располагать на одной стороне листа. Вторая сторона листа впоследствии может быть использована для внесения исправлений.
- 3.4. Пояснительная записка может быть выполнена компьютерным, машинописным или рукописным способом. В последнем случае почерк должен быть разборчивым, а чернила должны быть одного цвета: синего, фиолетового или чёрного.
- 3.5. Каждая работа должна быть оформлена в виде самостоятельного документа и иметь свой титульный лист.
- 3.6. Листы пояснительной записки должны быть скреплены в двух – трёх точках на расстоянии 10 мм от левого края листа. Использование скрепок и пластиковых конвертов (файлов) не допускается.
- 3.7. Пояснительная записка обязательно должна включать условие задачи.
- 3.8. Ход решения должен сопровождаться необходимыми пояснениями со ссылками на соответствующие законы, правила и рекомендации.
- 3.9. Все буквенные обозначения физических величин должны быть указаны на рисунке или пояснены в тексте.
- 3.10. Расчёт рекомендуется выполнять на вычислительных машинах, используя либо стандартные программы, либо программы, разработанные самостоятельно. В первом случае необходимо указать использованное программное обеспечение, а во втором – привести в пояснительной записке полный текст программы.
- 3.11. Расчёт численных значений физических величин должен быть оформлен следующим образом: после расчётной формулы, записанной в буквенных обозначениях, в неё подставляют численные значения величин, а затем приводят результат вычислений и обозначение единицы физической величины без скобок.
- 3.12. Работы, сдаваемые на проверку, должны быть выполнены в полном объёме.
- 3.13. Если работа не зачтена и возвращена для исправлений, то после исправления ошибок её следует сдать на повторную проверку.

Зачтённые работы не возвращаются. *При сдаче работы на повторную проверку замена титульного листа не допускается.*

- 3.14. Исправления следует вносить путем зачёркивания неправильного результата и вписывания правильного результата выше или правее неправильного. *Не допускается закрашивание неправильного результата и замечаний преподавателя.*
- 3.15. Для внесения исправлений большого объёма можно использовать обратную сторону предыдущего листа.
- 3.16. Если для внесения исправлений необходимо заменить лист полностью, то изъятый лист с замечаниями преподавателя следует вложить в работу (не вшивая) перед исправленным листом.
- 3.17. Если работа переоформлена полностью, то предыдущий вариант работы с замечаниями преподавателя должен быть вложен в исправленный текст (за исключением титульного листа, который должен быть перенесён на исправленный текст).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матвиенко, В.А. Электротехника : учебное пособие / В.А. Матвиенко. – 2-е изд., испр. – Екатеринбург : УрФУ, 2011. – 156 с.
2. Попов, В.П. Основы теории цепей : учебник для вузов / В.П. Попов. – 6-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2007. – 575 с.
3. Атабеков, Г.И. Основы теории цепей : учебник для вузов / Г.И. Атабеков. – 2-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2006. – 432 с.
4. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие / Г.И. Атабеков. – 7-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2009. – 592 с.
5. Кузовкин, В.А. Теоретическая электротехника : учебник / В.А. Кузовкин. – М. : Логос, 2005. – 480 с.
6. Бакалов, В.П. Основы анализа цепей : учебное пособие для вузов / В.П. Бакалов, О.Б. Журавлёва, Б.И. Крук. – М. : Горячая линия – Телеком, Радио и связь, 2007. – 591 с.
7. Бакалов, В.П. Основы теории цепей : учебник для вузов / В.П. Бакалов, В.Ф. Дмитриков, Б.И. Крук; под ред. В.П. Бакалова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 2000. – 592 с.
8. Бакалов, В.П. Теория электрических цепей : учебник для вузов / В.П. Бакалов, П.П. Воробиенко, Б.И. Крук; под ред. В.П. Бакалова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1998. – 444 с.
9. Баскаков, С.И. Лекции по теории цепей : учебное пособие / С.И. Баскаков. – 4-е изд. – М. : КомКнига, 2005. – 280 с.
10. Новиков, Ю.Н. Электротехника и электроника. Теория цепей и сигналов, методы анализа : учебное пособие / Ю.Н. Новиков. – СПб. : Питер, 2005. – 384 с.
11. Лосев, А.К. Теория линейных электрических цепей : учебник для вузов / А.К. Лосев. – М. : Высш. шк., 1987. – 512 с.
12. Бычков, Ю.А. Основы теории электрических цепей : учебник для вузов / Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э.П. Чернышев. – СПб. : Издательство «Лань», 2004. – 464 с.
13. Новгородцев, А.Б. Теоретические основы электротехники. 30 лекций по теории электрических цепей : учебное пособие / А.Б. Новгородцев. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 576 с.
14. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для студентов вузов / Л.А. Бессонов. Изд. 11-е, испр. и доп. – М. : Гардарики, 2006. – 701 с.
15. Прянишников, В.А. Теоретические основы электротехники : курс лекций / В.А. Прянишников. – 6-е изд. – СПб. : КОРОНА принт, 2009. – 368 с.