



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

**Кафедра
теоретических основ
электротехники**

**ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.
МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ**

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ № 1–3.
для специальности

5В070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение

Алматы 2014

СОСТАВИТЕЛИ: Е.Х.Зуслина, Айдымбаева Ж.А. Теория электрических цепей. Методы расчёта линейных и нелинейных цепей. Методические указания по выполнению расчётно-графических работ № 1– 3 для специальности 5В070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение. - Алматы: АУЭС, 2014. – 22с.

Методические указания к расчётно-графическим работам № 1– 3 по дисциплине «Теория электрических цепей. Методы расчёта линейных и нелинейных цепей» содержат три расчётно-графические работы по темам: «Расчёт линейных электрических цепей постоянного тока с зависимыми источниками», «Расчёт разветвлённых электрических цепей однофазного синусоидального тока», «Расчёт пассивных четырёхполюсников», а также требования к их выполнению и оформлению, методические указания. Задания к расчётно-графическим работам соответствуют рабочей программе по дисциплине «ТЭЦ. Методы расчета линейных и нелинейных цепей» для студентов специальности 5В070400.

Ил.32, табл.10, библиогр.- 5 назв.

Рецензент: канд.физ.-мат.наук., доц. Аманбаев А.А.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2014 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2014г.

Введение

Дисциплина «Теория электрических цепей. Методы расчета линейных и нелинейных цепей» является дисциплиной по выбору для студентов 5В070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение.

Целью выполнения расчётно-графических работ является изучение методов расчёта установившихся режимов в цепях постоянного тока с зависимыми источниками, методов расчёта цепей однофазного синусоидального тока и методов расчёта пассивных четырехполюсников.

Задача расчётно-графических работ – на основе знаний качественных и количественных сторон процессов, происходящих в различных электротехнических устройствах, подготовить студента для успешного и грамотного решения задач, которые ставят специальные дисциплины по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение»

Решение расчётно-графических работ имеет исключительное значение для формирования научного кругозора специалистов и помогает студентам проверить степень усвоения ими курса «Теория электрических цепей. Методы расчета линейных и нелинейных цепей», вырабатывает навык четко и кратко излагать свои мысли.

В процессе выполнения расчётно-графических работ студент должен освоить методы расчёта цепей постоянного тока с зависимыми источниками и цепей синусоидального тока: метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного генератора и методы расчета пассивных четырехполюсников.

1 Расчётно-графическая работа №1. Расчет линейных электрических цепей постоянного тока с зависимыми источниками

Цель расчётно-графической работы №1: получение навыков расчёта линейных электрических цепей постоянного тока с зависимыми источниками методом контурных токов, методом узловых потенциалов и проверка баланса мощностей.

Задание расчётно-графической работы №1.

Электрическая цепь постоянного тока (см. рисунки 1.1-1.10) содержит зависимый источник напряжения управляемый ток $E_4 = rI_1$, независимый источник тока J , независимые источники ЭДС: E_1, E_2, E_3, E_5 . Номер схемы и её параметры заданы в таблицах (1.1, 1.2, 1.3).

Требуется выполнить следующее:

1) Написать введение. Введение должно содержать цель работы и методы расчета электрических цепей постоянного тока с зависимыми источниками.

2) Составить систему уравнений по законам Кирхгофа.

3) Рассчитать токи во всех ветвях электрической цепи методом контурных токов.

4) Рассчитать токи во всех ветвях электрической цепи методом узловых потенциалов.

5) Проверить баланс мощностей.

6) Написать заключение. Заключение должно содержать сравнение результатов расчётов токов в ветвях электрической цепи, сделанных различными методами (МКТ, МУП), отметить с какой точностью выполняется баланс мощностей.

Вариант расчётно-графической работы выбирается в соответствии с номером студенческого билета и первой буквой фамилии по таблицам 1.1 - 1.3

Таблица 1.1

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
№ схемы	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
$E_1, В$	100	90	80	100	95	90	75	85	120	70
$E_2, В$	80	90	100	95	70	110	80	75	85	95
$E_3, В$	120	90	95	80	70	100	80	110	70	86
$R_3, Ом$	80	75	65	115	120	100	80	95	75	86
$R_4, Ом$	80	60	90	85	96	84	76	80	85	65

Таблица 1.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета										
	чѐтный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечѐтный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
$R_1, \text{ Ом}$	80	65	80	85	90	65	58	110	120	110	
$R_2, \text{ Ом}$	70	80	100	70	110	105	115	120	95	90	
$r, \text{ Ом}$	5	6	7	8	4	6	9	5	3	8	

Таблица 1.3

Год поступления	Первая буква фамилии										
	чѐтный	БЛ Ц	КХ	ВМЧ	ГНШ	ДО Я	ЕПР	ЖС З	ТЭ И	УЮ Ф	АЩ
нечѐтный	КХ	ВМ Ч	ГНШ	БЛЦ	ЕПР	ДО Я	ТЭ И	ЖС З	АЩ	УЮ Ф	
$E_5, \text{ В}$	120	95	90	65	80	85	95	80	70	100	
$J, \text{ А}$	0, 5	0, 4	0, 3	0, 6	0, 3	0, 5	0, 4	0, 5	0, 35	0, 45	

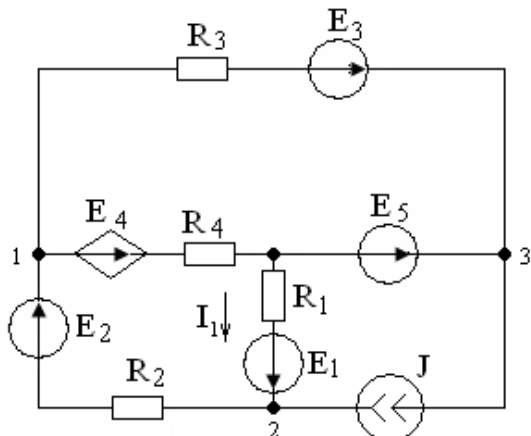


Рисунок 1.1

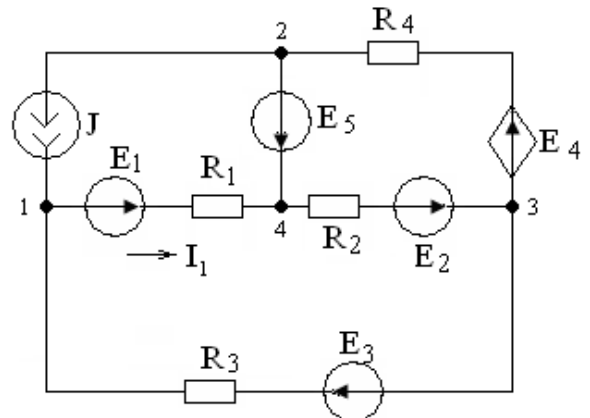


Рисунок 1.2

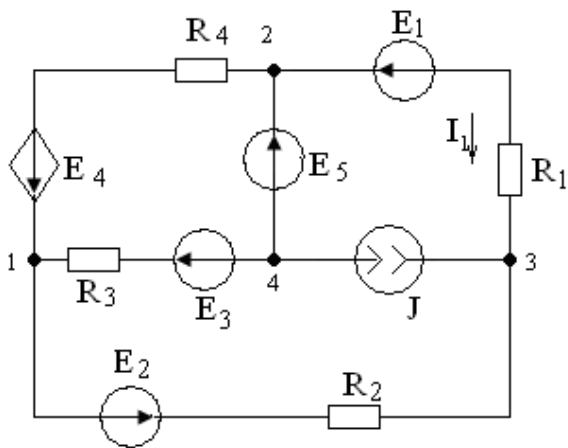


Рисунок 1.3

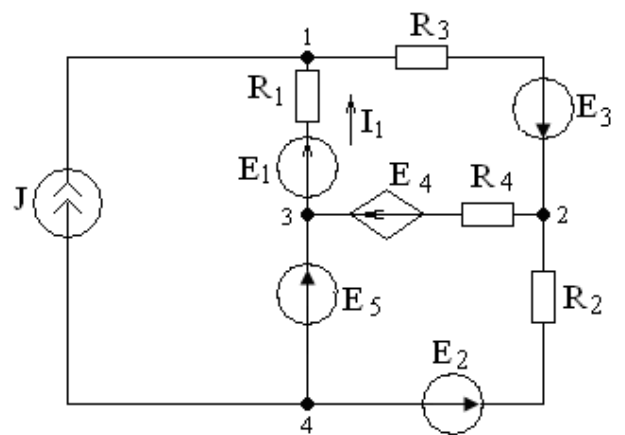


Рисунок 1.4

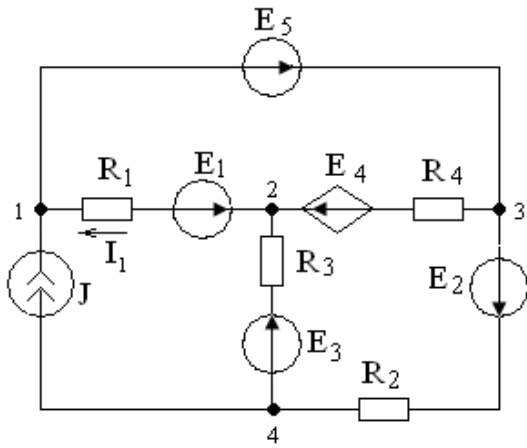


Рисунок 1.5

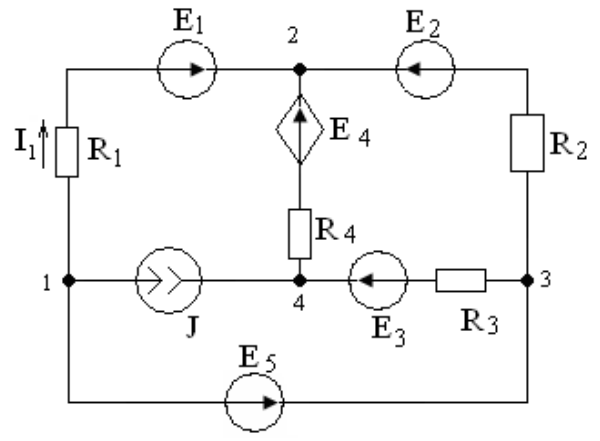


Рисунок 1.6

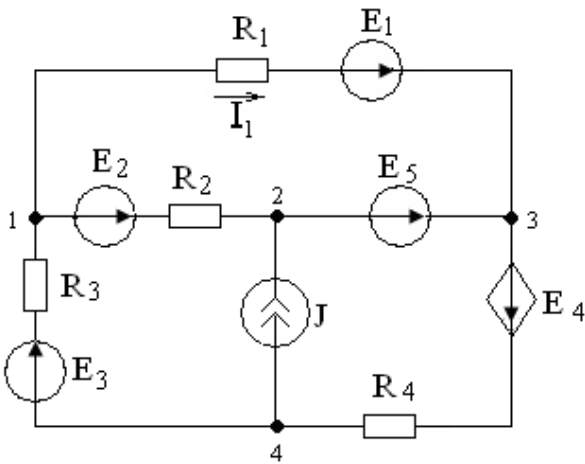


Рисунок 1.7

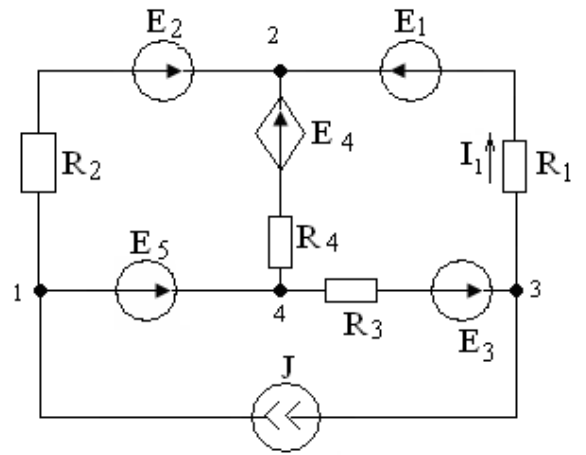


Рисунок 1.8

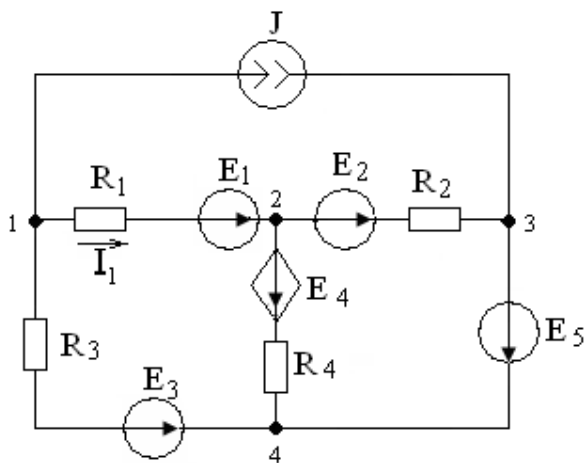


Рисунок 1.9

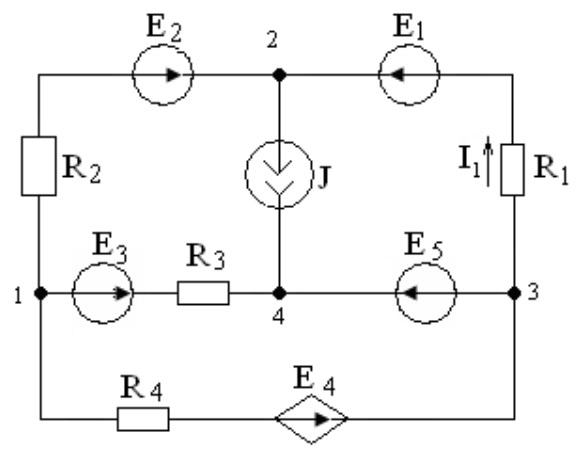


Рисунок 1.10

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы № 1

При расчёте цепей, содержащих электронные приборы, применяются эквивалентные схемы с зависимыми источниками. Для расчёта цепей с зависимыми источниками применимы все методы, расчёта цепей с независимыми источниками: законы Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного генератора.

Законы Кирхгофа. *Первый закон Кирхгофа*: алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю: $\sum_{K=1}^n I_K = 0$. Со знаком «+» записываются токи, направленные к узлу, со знаком «-» записываются токи, направленные от узла (или наоборот). *Второй закон Кирхгофа*: в любом замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма напряжений на сопротивлениях, входящих в этот контур равна алгебраической сумме ЭДС: $\sum_{K=1}^n R_K I_K = \sum_{K=1}^n E_K$.

Напряжения $R_k I_k$ записываются со знаком «+», если положительное направление тока I_k совпадает с направлением обхода контура, со знаком «-», если направление тока I_k противоположно направлению обхода контура; ЭДС E_k , направления, которых совпадают с направлением обхода контура, записываются со знаком «+», а ЭДС E_k , направленные против обхода контура – со знаком «-».

Порядок составления уравнений по законам Кирхгофа:

- а) выбирают произвольно положительные направления токов в ветвях цепи и записывают уравнения для узлов цепи по первому закону Кирхгофа;
- б) выбирают независимые контуры, *не содержащие источников тока*. Произвольно выбирают направления обхода этих контуров, затем записывают уравнения для этих контуров по второму закону Кирхгофа.

Метод контурных токов (МКТ).

Метод контурных токов основан на том, что в каждом независимом контуре электрической цепи вводится контурный ток. По любой ветви электрической цепи должен проходить хотя бы один контурный ток. Для определения контурных токов составляются уравнения по второму закону Кирхгофа. Ток в любой ветви можно представить в виде алгебраической суммы контурных токов, протекающих по этой ветви.

Составим систему уравнений по методу контурных токов для цепи постоянного тока (см. рисунок 1.11). Один контурный ток выберем так, чтобы он проходил через источник тока, тогда этот контурный ток совпадёт с током источника тока J . В двух других независимых контурах цепи (*не содержащих источник тока!*) введем контурные токи I_{11} , I_{22} . Для двух неизвестных контурных токов I_{11} , I_{22} составим уравнения:

$$\left. \begin{aligned} I_{11}(R_2 + R_4 + R_5) + I_{22}R_2 - JR_5 &= E_2 + E_4; \\ I_{11}R_2 + I_{22}(R_1 + R_2 + R_3) + JR_1 &= -E_1 - E_3 + E_2. \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

Выразим зависимый источник E_4 через контурные токи: $E_4 = rI_1 = r(-I_{22} - J)$, подставим в систему уравнений контурных токов (1.1):

$$\left. \begin{aligned} I_{11}(R_2 + R_4 + R_5) + I_{22}(R_2 + r) &= E_2 + J(R_5 - r); \\ I_{11}R_2 + I_{22}(R_1 + R_2 + R_3) &= -E_1 - E_3 + E_2 - JR_1. \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

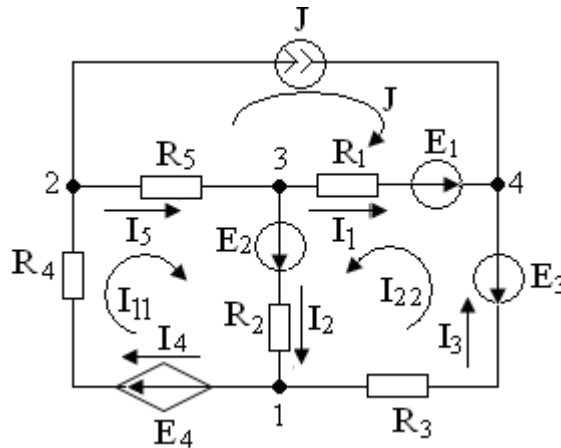


Рисунок 1.11

Метод узловых потенциалов (МУП)

Суть метода узловых потенциалов заключается в определении потенциалов узлов электрической цепи, токи рассчитываются по закону Ома. При составлении уравнений узловых потенциалов, потенциал одного из узлов принимают равным нулю, для определения потенциалов оставшихся узлов составляются уравнения.

Составим систему уравнений по методу узловых потенциалов для цепи постоянного тока (см. рисунок 1.11). Примем $\varphi_4 = 0$, уравнения для определения потенциалов $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1(g_2 + g_3 + g_4) - \varphi_2g_4 - \varphi_3g_2 &= E_2g_2 + E_3g_3 - E_4g_4; \\ -\varphi_1g_4 + \varphi_2(g_4 + g_5) - \varphi_3g_5 &= E_4g_4 - J; \\ -\varphi_1g_2 - \varphi_2g_5 + \varphi_3(g_1 + g_2 + g_5) &= -E_1g_1 - E_2g_2, \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

Выразим зависимый источник E_4 через потенциалы узлов цепи:

$E_4 = r \cdot I_1 = r \frac{\varphi_3 - \varphi_4 + E_1}{R_1} = rg_1(\varphi_3 + E_1)$ и подставим в систему уравнений узловых потенциалов (1.3). После приведения подобных членов, имеем:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1(g_2 + g_3 + g_4) - \varphi_2 g_4 - \varphi_3(g_2 - r g_1 g_4) &= E_2 g_2 + E_3 g_3 - r g_1 g_4 E_1; \\ -\varphi_1 g_4 + \varphi_2(g_4 + g_5) - \varphi_3(g_5 + r g_1 g_4) &= r g_1 g_4 E_1 - J; \\ -\varphi_1 g_2 - \varphi_2 g_5 + \varphi_3(g_1 + g_2 + g_5) &= -E_1 g_1 - E_2 g_2. \end{aligned} \right\} (1.4)$$

2 Расчётно-графическая работа №2. Расчёт разветвленных электрических цепей однофазного синусоидального тока

Цель расчётно-графической работы №2: получение навыков расчёта линейных электрических цепей синусоидального тока комплексным методом и проверка баланса мощностей.

Задание расчётно-графической работы №2.

Разветвлённая электрическая цепь однофазного синусоидального тока (см. рисунки 2.1–2.10), содержит синусоидальные источники ЭДС и синусоидальный источник тока. Требуется выполнить следующее:

- 1) Написать введение. Введение должно содержать цель работы и методы расчёта электрических цепей однофазного синусоидального тока.
- 2) Записать уравнения по законам Кирхгофа в дифференциальной и комплексной формах.
- 3) Рассчитать комплексные токи во всех ветвях схемы методом контурных токов.
- 4) Рассчитать комплексные токи во всех ветвях схемы методом узловых потенциалов.
- 5) Определить ток I_x методом эквивалентного генератора.
- 6) Записать мгновенные значения токов во всех ветвях схемы.
- 7) Проверить баланс мощностей.
- 8) Написать заключение.

Вариант выбирается в соответствии с номером студенческого билета и первой буквой фамилии по таблицам 2.1–2.3.

Таблица 2.1

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
№ схемы	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
$E_{m1}, \text{ В}$	90	80	70	60	80	75	95	85	80	100
$\Psi_{e1}, \text{ град.}$	60	-40	55	65	-60	0	-90	60	40	-30
$E_{m2}, \text{ В}$	120	90	75	100	80	75	60	70	85	110
$\Psi_{e2}, \text{ град.}$	45	-45	60	-60	-30	30	0	-90	90	0
$E_{m3}, \text{ В}$	80	65	95	100	70	80	110	90	120	75
$\Psi_{e3}, \text{ град.}$	45	90	-60	30	60	-45	90	-30	0	-65

Таблица 2.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета										
	чѐтный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечѐтный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
$E_{m4}, В$	80	90	60	120	100	120	100	95	80	115	
$\Psi_{e4}, \text{град.}$	-35	20	60	-40	-60	45	60	-30	0	90	
$E_{m5}, В$	70	88	110	90	75	80	95	85	86	90	
$\Psi_{e5}, \text{град.}$	0	20	30	-60	-30	90	60	-60	40	-90	
$R_1, \text{Ом}$	80	70	60	50	80	70	90	100	120	100	
$R_2, \text{Ом}$	80	95	70	85	66	78	88	94	60	110	
$R_3, \text{Ом}$	100	80	90	85	70	68	96	95	100	120	
I_X	I_5	I_2	I_3	I_2	I_5	I_3	I_2	I_3	I_2	I_5	

Таблица 2.3

Год поступления	Первая буква фамилии										
	чѐтный	БЛЦ	КХ	ВМ Ч	ГН Ш	ДО Я	ЕПР	ЖС З	ТЭИ	УЮ Ф	АЦ
нечѐтный		КХ	ВМ Ч	ГН Ш	БЛЦ	ЕПР	ДОЯ	ТЭ И	ЖСЗ	АЦ	УЮ Ф
J, A	0, 3	0, 4	0, 6	0, 5	0, 7	0, 8	0, 9	0, 3	0, 6	0, 5	
$\Psi_J, \text{град.}$	30	-45	-30	20	60	-20	90	-45	-90	0	
$R_4, \text{Ом}$	80	7	78	48	60	40	38	68	90	100	
$X_{L1}, \text{Ом}$	90	80	75	95	80	90	60	45	100	70	
$X_{C1}, \text{Ом}$	80	90	30	56	50	65	100	90	80	110	
$X_{L2}, \text{Ом}$	70	60	40	68	30	80	68	60	50	80	
$X_{C2}, \text{Ом}$	74	80	80	98	80	20	100	75	88	66	
$X_{L3}, \text{Ом}$	80	80	35	64	40	95	80	96	50	90	
$X_{C3}, \text{Ом}$	110	70	75	35	90	35	40	60	92	100	
$X_{L4}, \text{Ом}$	85	40	40	55	110	64	80	70	46	70	
$X_{C4}, \text{Ом}$	60	120	90	75	70	80	50	110	65	98	

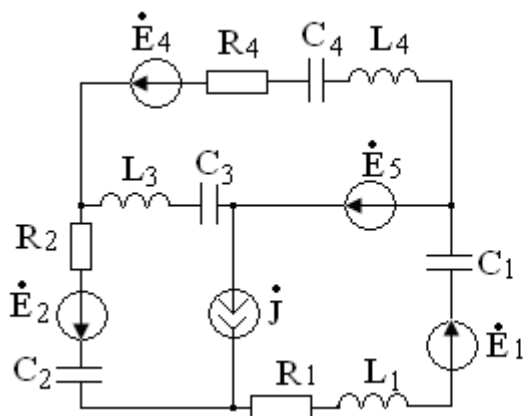


Рисунок 2.1

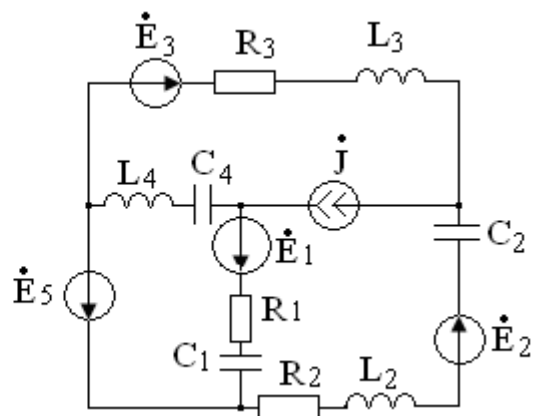


Рисунок 2.2

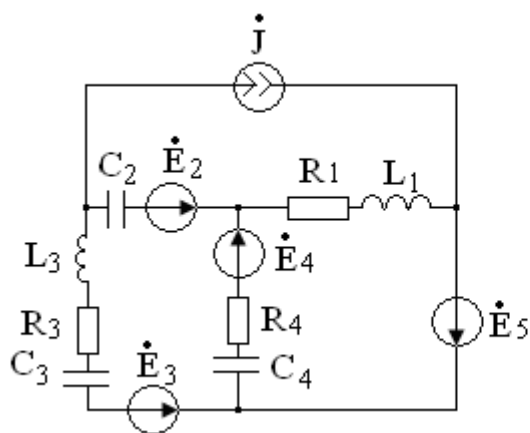


Рисунок 2.3

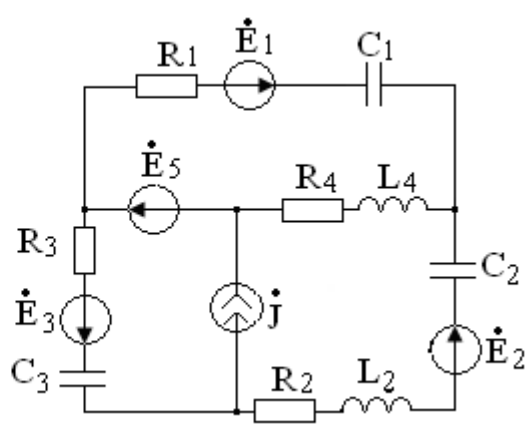


Рисунок 2.4

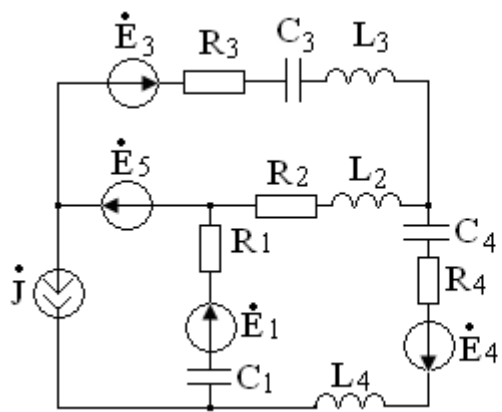


Рисунок 2.5

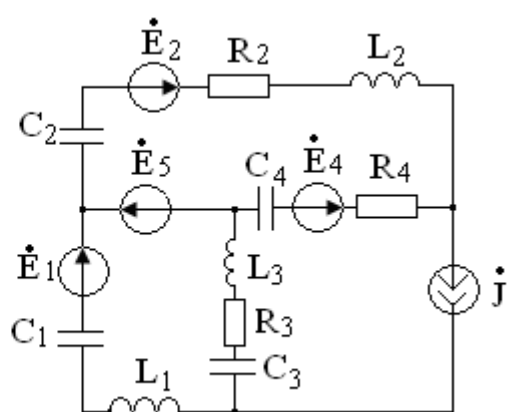


Рисунок 2.6

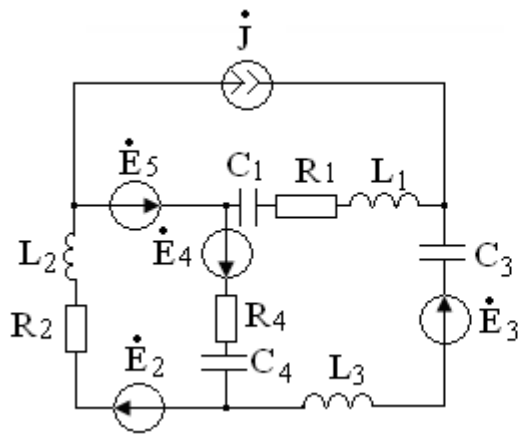


Рисунок 2.7

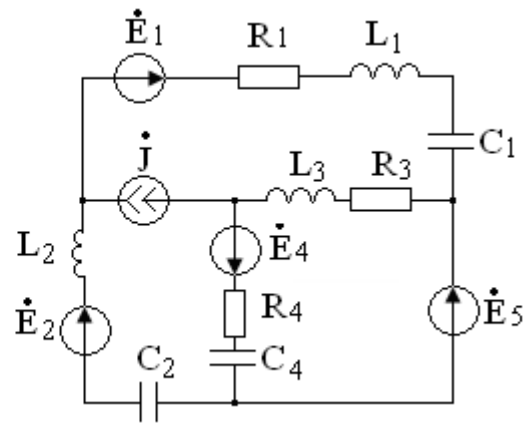


Рисунок 2.8

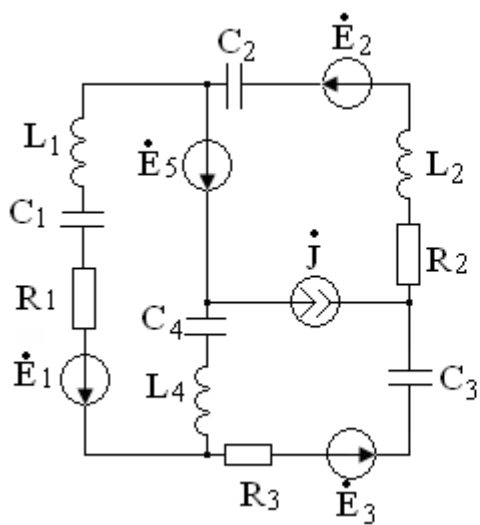


Рисунок 2.9

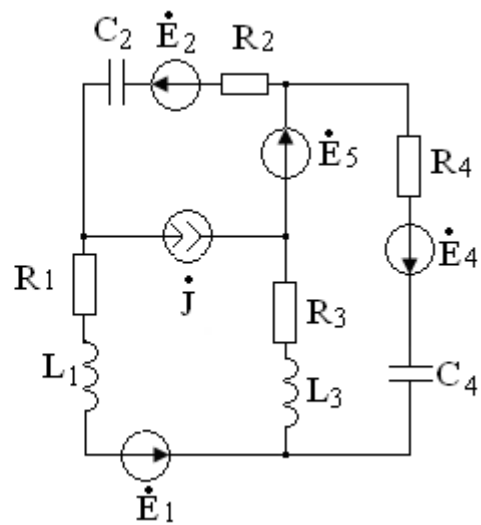


Рисунок 2.10

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы № 2

Законы Кирхгофа в дифференциальной форме.

Законы Кирхгофа в дифференциальной форме записываются для мгновенных значений переменных токов и напряжений. *Первый закон Кирхгофа:* алгебраическая сумма мгновенных значений токов в узле схемы равна нулю:

$$\sum_{K=1}^n i_K = 0.$$

Со знаком «+» записываются токи i_K , положительные направления которых направлены к рассматриваемому узлу, со знаком «-» записываются токи i_K , положительные направления которых направлены от данного узла (или наоборот).

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма мгновенных ЭДС всех источников напряжения в любом замкнутом контуре схемы равна алгебраи-

ческой сумме мгновенных напряжений на всех остальных элементах того же контура:

$$\sum_{k=1}^n (R_k i_k + L_k \frac{di_k}{dt} + \frac{1}{C_k} \int i_k dt) = \sum_{k=1}^n e_k.$$

Второй закон Кирхгофа записывается для независимых контуров схемы, независимые контуры выбираются, так же как и для цепей постоянного тока. Со знаком «+» записываются мгновенные напряжения, если положительные направления токов i_k и направление обхода контура совпадают, в противном случае напряжения записываются со знаком «-». Мгновенные ЭДС e_k записываются со знаком «+», если положительные направления e_k и направление обхода контура совпадают.

Расчёт электрических цепей синусоидального тока базируется на изображении синусоидальных ЭДС, напряжений, токов комплексными величинами (см. таблицу 2.4):

Таблица 2.4

Синусоидальная функция времени	Комплексная амплитуда	Комплексное действующее значение
$e = E_m \sin(\omega t + \phi)$	$\dot{E}_m = E_m e^{j\phi}$	$\dot{E} = E e^{j\phi}$
$u = U_m \sin(\omega t + \phi)$	$\dot{U}_m = U_m e^{j\phi}$	$\dot{U} = U e^{j\phi}$
$i = I_m \sin(\omega t + \phi)$	$\dot{I}_m = I_m e^{j\phi}$	$\dot{I} = I e^{j\phi}$

Представление синусоидальных ЭДС, напряжений, токов комплексными величинами позволяет применить методы расчёта цепей постоянного тока к расчётам цепей синусоидального тока. Так как уравнения, выражающие законы Кирхгофа в комплексной форме для цепей синусоидального тока аналогичны уравнениям, выражающим законы Кирхгофа для цепей постоянного тока, только ЭДС, напряжения, токи и сопротивления входят в уравнения в виде комплексных величин:

$$\sum_{k=1}^n \dot{I}_k = 0, \quad \sum_{k=1}^n \underline{Z}_k \dot{I}_k = \sum_{k=1}^n \dot{E}_k,$$

где $\underline{Z}_k = R_k + j(x_{L_k} - x_{C_k})$ - комплексное сопротивление.

3 Расчётно-графическая работа № 3. Расчёт пассивных четырёхполюсников

Цель расчётно-графической работы № 3: получение навыков расчёта типовых четырехполюсников.

Задание расчётно-графической работы №3.

Задан пассивный Т-образный или П-образный четырехполюсник (см.рисунки 3.1-3.10), значения активных, индуктивных и емкостных сопротивлений приведены в таблицах 3.1÷3.3. Требуется выполнить следующее:

1) Написать введение. Введение должно содержать цель работы и основные положения теории четырехполюсников.

2) Согласно своему варианту определить комплексные сопротивления Z_1, Z_2, Z_3 для заданного Т-образного или П-образного четырехполюсника.

3) Определить А-параметры для заданного Т-образного или П-образного четырехполюсника, используя значения напряжений и токов в режимах холостого хода и короткого замыкания.

4) Определить А-параметры для заданного Т-образного или П-образного четырехполюсника, применяя законы Кирхгофа и проверить выполнение условия $\Delta A = 1$.

5) По найденным А-параметрам Т-образного или П-образного четырехполюсника определить, согласно своему варианту, Z-, Y-, H-параметры.

6) Определить характеристические сопротивления Z_{C1} и Z_{C2} для Т-образного или П-образного четырехполюсника, используя А-параметры и параметры холостого хода и короткого замыкания.

7) Определить характеристическую постоянную передачи \underline{G}_C , характеристическое ослабление A_C , фазовую постоянную B_C Т-образного или П-образного четырехполюсника, используя А-параметры.

8) Написать заключение. В заключении указать, какие свойства параметров коэффициентов пассивного четырехполюсника были проверены в ходе выполнения расчётно-графической работы. Сравнить результаты расчёта Z_{C1} и Z_{C2} , полученные разными методами.

Вариант выбирается в соответствии с номером студенческого билета и первой буквой фамилии по таблицам 3.1– 3.3.

Т а б л и ц а 3.1

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нечетный	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
№ рисунка	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
$R_1, \text{ Ом}$	30	20	35	40	20	25	25	38	34	34
$X_{L1}, \text{ Ом}$	40	30	25	30	38	38	35	48	46	30
$X_{C1}, \text{ Ом}$	35	40	30	20	28	40	20	22	20	40

Таблица 3.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Четный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нечетный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
R_2 , Ом	30	20	35	40	20	25	25	38	34	34
X_{L2} , Ом	40	30	25	30	38	38	35	48	46	30
X_{C2} , Ом	35	40	30	20	28	40	20	22	20	40
Определить параметры	Н	З	У	Н	З	У	Н	З	У	Н

Таблица 3.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
	ЭЮЯ	ЧШ Щ	ХФ Ц	СТ У	ОП Р	МН	КЛ	ЖЗ И	ГД Е	АБВ
Четный	ЭЮЯ	ЧШ Щ	ХФ Ц	СТ У	ОП Р	МН	КЛ	ЖЗ И	ГД Е	АБВ
Нечетный	АБ В	ГД Е	ЖЗ И	КЛ	МН	ОП Р	СТ У	ХФ Ц	ЧШ Щ	ЭЮ Я
R_3 , Ом	45	58	42	32	44	30	26	42	18	34
X_{L3} , Ом	55	40	34	24	38	34	16	27	33	55
X_{C3} , Ом	35	50	38	55	52	30	36	42	36	28

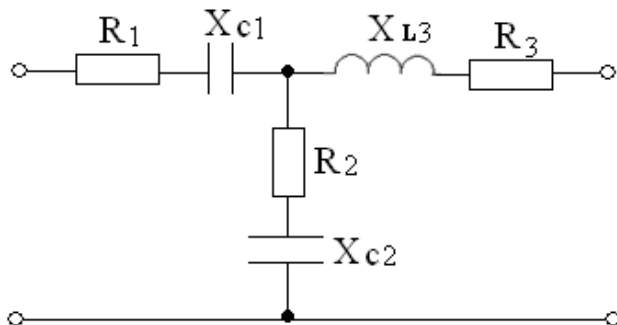


Рисунок 3.1

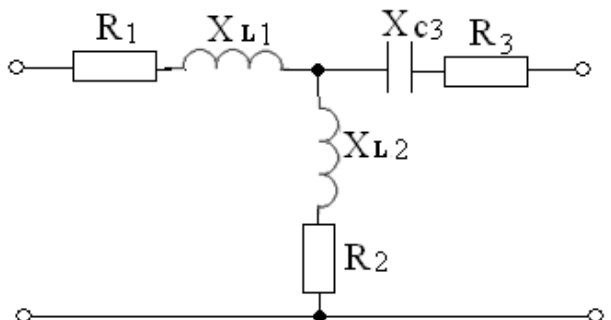


Рисунок 3.2

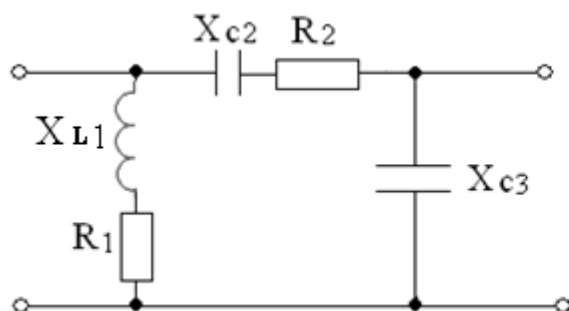


Рисунок 3.3

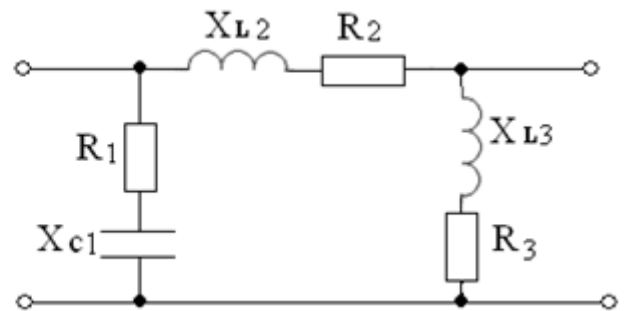


Рисунок 3.4

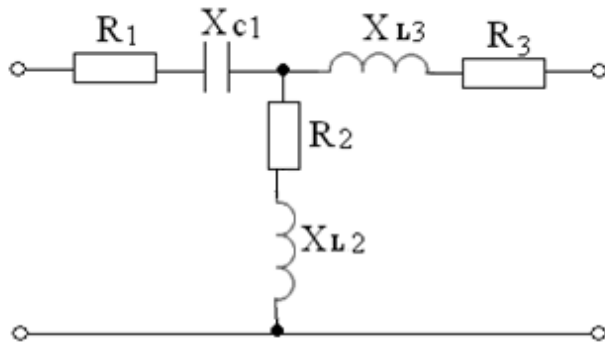


Рисунок 3.5

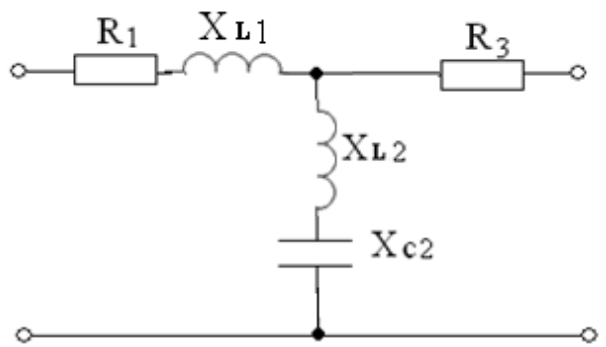


Рисунок 3.6

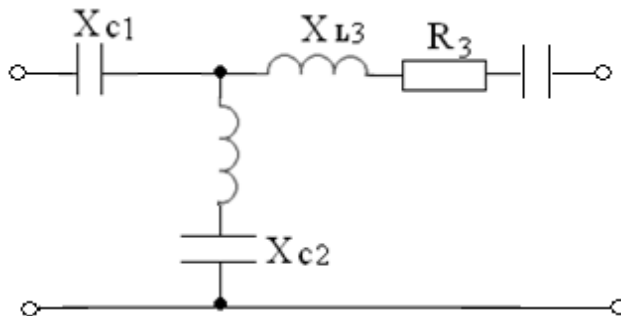


Рисунок 3.7

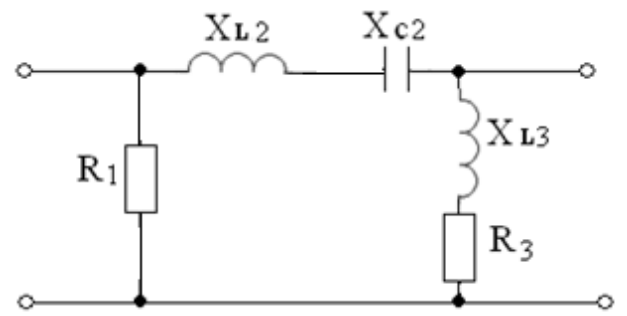


Рисунок 3.8

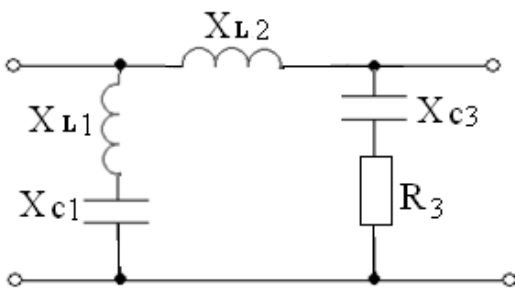


Рисунок 3.9

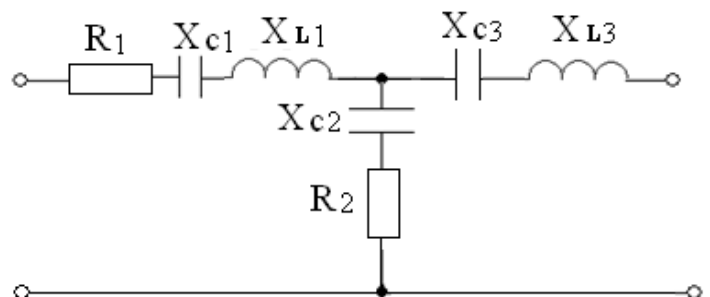


Рисунок 3.10

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы № 3

Четырёхполюсником называется электрическая цепь или её часть, имеющая две пары зажимов (полюсов), для подключения к источнику и приемнику электрической энергии.

Схемы Т и П-образных пассивных четырёхполюсников показаны на рисунках 3.11 а, б.

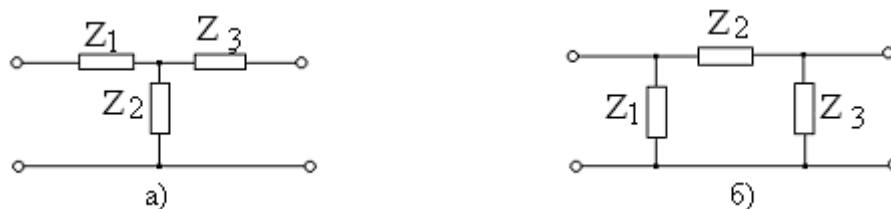


Рисунок 3.11

Уравнения, определяющие зависимость между напряжениями и токами на входе и выходе четырехполюсника $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_1, \dot{I}_2$, называются уравнениями передачи четырехполюсника. Величины, связывающие в уравнениях передачи напряжения и токи, называются *параметрами четырехполюсника*. Уравнения передачи в Y-параметрах. Коэффициенты $Y_{11}, Y_{12}, Y_{21}, Y_{22}$ называются Y-параметрами и имеют размерность проводимостей:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 &= Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{aligned} \right\}. \quad (3.1)$$

Уравнения передачи в Z-параметрах. Коэффициенты $Z_{11}, Z_{12}, Z_{21}, Z_{22}$ называются Z-параметрами и имеют размерность сопротивлений:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{aligned} \right\}. \quad (3.2)$$

Уравнения передачи в A- параметрах:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{aligned} \right\}. \quad (3.3)$$

Коэффициенты $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$ называются A- параметрами или обобщенными параметрами. A_{11}, A_{22} -безразмерные, A_{12} имеет размерность сопротивления, A_{21} имеет размерность проводимости.

Уравнение передачи в H – параметрах. Коэффициенты $H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ называются H-параметрами:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= H_{11}\dot{I}_1 + H_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= H_{21}\dot{I}_1 + H_{22}\dot{U}_2 \end{aligned} \right\}. \quad (3.4)$$

Параметры четырехполюсника являются комплексными величинами, определяются только схемой четырехполюсника и её элементами; между различными системами параметров четырехполюсника существует однозначная связь. Параметры четырехполюсника можно определить различными способами:

- а) по законам Кирхгофа;
- б) по токам и напряжениям в режимах холостого хода и короткого замыкания;
- в) применяя матричную форму записи уравнений передачи.

Характеристическими сопротивлениями четырехполюсника называется такая пара сопротивлений Z_{C1} и Z_{C2} , которая удовлетворяет условию: при

$Z_{H2} = Z_{C2}$ имеем $Z_{BX1} = Z_{C1}$ и при $Z_{H1} = Z_{C1}$ имеем $Z_{BX2} = Z_{C2}$ (где Z_{H1}, Z_{H2} – сопротивления нагрузки, Z_{BX1}, Z_{BX2} – входные сопротивления четырехполюсника). Z_{C1}, Z_{C2} можно выразить через А-параметры и параметры холостого хода Z_{X1}, Z_{X2} , и короткого замыкания Z_{K1}, Z_{K2} :

$$Z_{C1} = \sqrt{\frac{A_{11}A_{12}}{A_{21}A_{22}}}; \quad Z_{C2} = \sqrt{\frac{A_{22}A_{12}}{A_{21}A_{11}}}; \quad Z_{C1} = \sqrt{Z_{K1}Z_{X1}}; \quad Z_{C2} = \sqrt{Z_{K2}Z_{X2}}. \quad (3.5)$$

Характеристическая постоянная передачи четырехполюсника определяется в режиме согласованного включения и равна:

$$\tilde{A}_{\bar{N}} = \frac{1}{2} \ln \frac{\dot{U}_1 \dot{I}_1}{\dot{U}_2 \dot{I}_2} = A_C + jB_C. \quad (3.6)$$

Характеристическую постоянную передачи можно выразить через А-параметры и параметры холостого хода и короткого замыкания:

$$\tilde{A}_{\bar{N}} = \ln(\sqrt{A_{11}A_{22}} + \sqrt{A_{12}A_{21}}), \quad \text{th}\Gamma_C = \sqrt{Z_{K1}/Z_{X1}} = \sqrt{Z_{K2}/Z_{X2}}. \quad (3.7)$$

4 Требования к выполнению и оформлению

1. Курсовая расчётно-графическая работа должна включать следующие элементы:

- а) титульный лист (образец прилагается);
- б) содержание;
- в) введение;
- г) задание;
- д) основную часть;
- е) заключение (выводы);
- ж) список литературы;
- к) приложения.

2. Текст задания (условие задачи) должен быть переписан полностью, со всеми рисунками и числовыми значениями для своего варианта.

3. Каждый этап работы должен быть озаглавлен.

4. Работа выполняется рукописным способом или с применением компьютерной печати (в программе Microsoft Word, шрифт высотой 14 пунктов с интервалом 1,0-1,5). Текст пишется на одной стороне листа белой бумаги формата А4. По всем четырем сторонам листа оставляются поля: левое - не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм.

5. Все листы работы должны иметь сквозную нумерацию, начиная с титульного листа, включая приложение. Номер пишется снизу в середине листа без точки.

6. Расчёты должны сопровождаться пояснениями. Нельзя приводить только расчётные формулы и конечные результаты. Работы, в которых вычисления и пояснения приводятся сокращенно, к защите не допускаются и возвращаются студентам на доработку.

7. Рисунки, графики и схемы должны быть выполнены аккуратно и пронумерованы.

8. На графиках обязательно указываются названия изображаемых величин, их единицы измерения. Масштабы необходимо подбирать так, чтобы было удобно пользоваться графиком или диаграммой. В соответствии с выбранным масштабом подписываются шкалы графиков и диаграмм.

9. У параметров, имеющих определенные размерности, необходимо писать в окончательных результатах соответствующие единицы измерения. Все обозначения электрических величин должны соответствовать ГОСТу.

10. Во введении обосновать необходимость изучения переходных процессов и методов их расчета.

11. В заключение провести анализ методов расчета переходных процессов, использованных в курсовой работе; сравнить результаты, полученные классическим и операторным методами; определить время, которое требуется для завершения переходного процесса на практике; для этого момента времени определить в процентах отношение переходного тока (напряжения) к принужденному току (напряжению).

12. Работа должна быть сдана на проверку в срок, указанный преподавателем. В случае нарушения студентом срока сдачи работы, ему выдается дополнительное задание или другой вариант (по усмотрению преподавателя), а также снижается итоговый балл за работу.

Приложение А

Образец титульного листа

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра _____

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

По дисциплине _____

На тему _____

Специальность _____

Выполнил _____ (Ф.И.О.) Группа _____

Принял _____
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ « _____ » _____ 201__ г.
(подпись)

Алматы 201__

Список литературы

1. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И. Основы теории цепей. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2013. - 596 с.
2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. – т.1. – Санкт-Петербург: Питер, 2003.- 463с.
3. Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х., Коровченко Т.И. Теория электрических цепей 1. Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2007.- 80 с.
4. Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х. Теория электрических цепей 1. Примеры расчёта установившихся процессов в линейных электрических цепях: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2008.- 93 с.
5. Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х. Применение Mathcad в теории электрических цепей: Учебное пособие. – Алматы: АУЭС, 2012.- 83 с.

Содержание

1 Введение	3
2 Расчётно-графическая работа №1. Расчёт линейных электрических цепей постоянного тока с зависимыми источниками	4
3 Расчётно-графическая работа №2 . Расчёт разветвленных электрических цепей однофазного синусоидального тока	9
4 Расчётно-графическая работа № 3. Расчёт пассивных четырёхполюсников	13
5 Требования к выполнению и оформлению	18
Приложение А. Образец титульного листа	20
Список литературы	21

Екатерина Хаскелевна Зулина
Жанар Абдешевна Айдымбаева

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.
МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ № 1–3.
для специальности
5В070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение

Редактор Н.М.Голева
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать «___» _____
Тираж 100 экз.
Объем 1,4 уч. изд.л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская №1
Заказ _____. Цена 700 тенге.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013 Алматы, ул. Байтурсынова, 126.