

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электротехники

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

*Методические указания
по выполнению расчетно-графических заданий*

В трех частях

Часть 1

Минск
БГАТУ
2010

УДК 621.3(07)

ББК 31.2я7

Т33

Рекомендовано научно-методическим советом агроэнергетического факультета БГАТУ.

Протокол № 3 от 12 ноября 2009 г.

Составители:

канд. техн. наук, доц. А.В. Крутов,
канд. техн. наук, доц. Э.Л. Кочетова,
ст. преподаватель Т.Ф. Гузанова

Рецензенты:

д-р техн. наук, зав. лабораторией учета электрической энергии РУП
БЕЛТЭИ *Е.П. Забелло*;
канд. техн. наук, доц., зав. каф. электроснабжения БГАТУ *Н.Е. Шевчик*

Т33 **Теоретические основы электротехники** : методические указания.
В 3-х ч. Ч.1. / сост. А.В. Крутов [и др.]. — Минск : БГАТУ, 2010. —
48 с.

ISBN 978-985-519-197-2 (ч.1)

ISBN 978-985-519-196-5

УДК 621.3(07)

ББК 31.2я7

ISBN 978-985-519-197-2 (ч.1)

ISBN 978-985-519-196-5

© БГАТУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	4
Правила оформления расчетно-пояснительной записки	5
1.1. Расчет электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением приемников	7
1.2. Расчет электрической цепи синусоидального тока со смешанным соединением приемников	14
1.3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока	23
1.4. Расчет сложной электрической цепи синусоидального тока	31
Литература	39
Приложения	40

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Выполнение расчетно-графических заданий по теоретическим основам электротехники имеет своей целью закрепление теоретических знаний и приобретение навыков по расчету электрических цепей.

В первом семестре при изучении курса ТОЭ студенты выполняют задание № 1: «Расчет электрических цепей постоянного и синусоидального токов».

Задание состоит из четырех задач.

1.1 Расчет электрической цепи постоянного тока со смешанным соединением приемников.

1.2 Расчет цепи синусоидального тока со смешанным соединением приемников.

1.3 Расчет сложной цепи постоянного тока.

1.4 Расчет сложной цепи синусоидального тока.

Сроки выполнения задания

Задания	Недели семестра	
	Срок выдачи	Срок сдачи
1.1	2	4
1.2	5	7
1.3	7	9
1.4	9	12

Для сдачи задания студент должен знать основные теоретические положения по данной теме, методику расчета цепей, ответы на контрольные вопросы.

Правила оформления расчетно-пояснительной записки

Пояснительная записка является техническим документом и оформляется в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 и 2.105-95ЕСКД.

Первым листом расчетно-пояснительной записки является титульный лист (приложение 1), вторым листом – задание (приложение 2).

Текст расчетно-пояснительной записки пишут от руки четким шрифтом черными или фиолетовыми чернилами (пастой) на одной стороне листа белой бумаги формата А 4. Размер шрифта 2,5...5 мм, расстояние между строками 7...10 мм.

Поля оставляют по всем четырем сторонам листа. Ширина полей слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху и снизу по 20 мм. Страница должна иметь 28...30 строк.

Изложение материала должно идти в неопределенной форме («выбирают», «определяют», если речь идет о действиях одушевленных лиц, и «контакты замыкаются», если действия от людей не зависят), а также от первого лица множественного числа («выбираем», «составляем»).

Используемая в тексте терминология должна соответствовать установленной стандартами или общепринятой в научно-технической литературе. Основные положения расчета должны иметь пояснения, обоснования, ссылки на законы. Сокращения слов в тексте и надписях под иллюстрациями не допускаются.

Расчет искомой величины следует сначала записать в общем виде, затем в формулу подставить числовые значения и привести окончательный результат с указанием единицы измерения. Вычисления должны быть сделаны с точностью до третьей значащей цифры. Конечные результаты расчетов должны быть ясно выделены из общего текста.

Все расчеты выполняют только в единицах измерения СИ по ГОСТ 8.417-2002.

Страницы расчетно-пояснительной записки должны быть пронумерованы арабскими цифрами.

Графическая часть расчетно-пояснительной записки включает расчетные электрические схемы, векторные и топографические диаграммы, графики. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию и подрисуночную надпись. Их размещают после первого упоминания в тексте записки.

Иллюстрации выполняют черной тушью или черными чернилами (пастой) на бумаге записки, миллиметровке или кальке по размеру формата А4. Не рекомендуется помещать в записку рисунки большого формата.

При оформлении графика чертят прямоугольник, две стороны которого служат осями координат. Внутри прямоугольника наносят сетку. По осям координат наносят масштабные цифры, как на шкале линейки, условные обозначения величин и единицы их измерения. Для построения графика наносят точки, по которым с помощью лекал проводят плавную кривую. Каждую кривую на графике нумеруют и поясняют в подрисуночной надписи.

В конце расчетно-пояснительной записки представляют список использованной литературы.

1.1. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА СО СМЕШАННЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ПРИЕМНИКОВ

1.1.1. Общие положения

Для выполнения задания необходимо знать законы Ома и Кирхгофа, правила определения эквивалентных сопротивлений при последовательном и параллельном соединении резисторов.

1.1.2. Содержание задания

Электрическая цепь (рисунки 1.1...1.20) имеет источник постоянной ЭДС. Параметры цепи, соответствующей номеру варианта, даны в таблице 1.1.

Требуется рассчитать токи во всех ветвях цепи, используя эквивалентные преобразования схемы электрической цепи. При определении $R_{\text{экв}}$ привести схемы промежуточных преобразований. Составить баланс мощностей, вычислив мощность источника и суммарную мощность приемников.

1.1.3. Методические указания

Порядок расчета эквивалентного сопротивления $R_{\text{экв}}$ и расчет токов в ветвях цепи со смешанным соединением резисторов рассмотрены в литературе [1...3].

Оформление титульного листа и пример оформления задания в расчетно-пояснительной записке показаны в приложениях 1, 2.

1.1.4. Контрольные вопросы

1. Законы Ома и Кирхгофа.
2. Что называют последовательным и параллельным соединением резисторов?
3. Как рассчитать эквивалентное сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов?

Таблица 1.1 — Варианты заданий и исходные данные

Вариант	Рисунок	E , В	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом
1	1.1	750	20	400	30	40	180	36
2	1.2	100	14	15	4	12	36	18
3	1.3	180	4	100	5	30	20	40
4	1.4	240	20	15	25	16	72	36
5	1.5	330	5	300	18	90	50	60
6	1.6	850	5	240	480	10	200	600
7	1.7	350	10	100	30	40	100	400
8	1.8	640	4	100	180	360	40	120
9	1.9	550	10	100	150	200	150	75
10	1.10	120	5	15	60	22	12	24
11	1.11	330	10	60	120	100	40	110
12	1.12	320	15	100	300	240	80	10
13	1.13	100	3	5	12	12	24	30
14	1.14	600	240	480	200	150	25	50
15	1.15	120	12	20	4	15	5	30
16	1.16	600	200	600	50	250	40	20
17	1.17	120	12	24	20	30	60	30
18	1.18	300	120	60	40	55	65	40
19	1.19	140	80	20	30	8	7	5
20	1.20	480	18	12	300	30	20	10
21	1.1	450	5	200	9	20	30	70
22	1.2	500	20	75	10	80	400	100
23	1.3	80	2	15	2,5	10	14	16
24	1.4	600	10	20	30	25	150	75
25	1.5	300	9	30	10	70	110	90
26	1.6	400	19	140	60	12	40	120
27	1.7	250	5	25	20	50	50	75
28	1.8	420	20	300	36	72	90	60
29	1.9	470	4	140	60	120	400	100
30	1.10	100	1	3	5	14	10	15
31	1.11	240	12	80	20	36	3	15
32	1.12	220	18	200	50	140	60	10
33	1.13	240	7	8	7,5	15	75	60
34	1.14	240	48	96	120	400	40	60
35	1.15	200	10	15	25	110	50	40
36	1.16	400	50	200	180	60	60	20
37	1.17	150	10	15	20	5	60	120
38	1.18	750	60	300	200	80	100	90

Продолжение таблицы 1.1

Вариант	Рисунок	E , В	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$R3$, Ом	$R4$, Ом	$R5$, Ом	$R6$, Ом
39	1.19	520	40	120	200	50	80	70
40	1.20	210	6	9	60	8	12	10
41	1.1	700	10	150	10	15	100	300
42	1.2	120	8	18	20	48	40	60
43	1.3	650	5	150	50	60	200	100
44	1.4	300	6	25	35	10	40	120
45	1.5	140	5	120	10	40	35	50
46	1.6	500	10	240	120	20	90	180
47	1.7	500	8	60	30	60	150	75
48	1.8	220	4	200	100	25	50	75
49	1.9	500	12	30	45	40	50	200
50	1.10	150	3	1	10	2,5	15	75
51	1.11	600	10	40	120	100	220	180
52	1.12	200	6	70	30	80	20	7
53	1.13	450	7	3	12	80	120	30
54	1.14	350	20	60	40	50	70	130
55	1.15	225	30	90	60	20	130	75
56	1.16	180	140	60	35	45	70	50
57	1.17	900	30	150	100	300	150	75
58	1.18	84	60	40	48	25	35	15
59	1.19	250	100	25	75	14	20	16
60	1.20	540	250	15	300	10	30	20
61	1.1	660	6	80	50	70	200	300
62	1.2	108	3	90	15	5	10	30
63	1.3	400	4	90	20	60	40	80
64	1.4	600	12	40	80	26	90	135
65	1.5	400	5	20	24	60	120	45
66	1.6	280	5	240	80	6	135	90
67	1.7	225	10	120	20	24	48	24
68	1.8	140	5	120	24	48	40	60
69	1.9	660	20	240	480	200	300	60
70	1.10	250	4	8	10	16	40	60
71	1.11	440	8	140	60	80	200	40
72	1.12	180	5	40	60	24	48	15
73	1.13	450	12	8	6	90	135	120
74	1.14	300	90	180	200	300	20	40
75	1.15	600	120	100	80	70	50	80
76	1.16	225	90	135	40	20	35	55
77	1.17	180	40	10	60	12	36	18
78	1.18	480	75	150	200	35	25	40

Продолжение таблицы 1.1

Вариант	Рисунок	E, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом	R6, Ом
79	1.19	300	90	60	60	10	5	25
80	1.20	150	6	14	20	10	3	7
81	1.1	180	6	18	10	6	30	60
82	1.2	240	10	90	15	50	100	300
83	1.3	100	2,8	18	6	10	7	8
84	1.4	280	20	100	200	40	240	480
85	1.5	300	6	60	10	50	130	36
86	1.6	240	15	150	75	8	140	60
87	1.7	150	6	60	15	13	20	30
88	1.8	100	2	40	10	30	3	15
89	1.9	600	11	70	30	10	60	120
90	1.10	300	2	4	60	15	30	150
91	1.11	660	20	200	50	240	100	380
92	1.12	150	2	20	30	12	24	3
93	1.13	200	9	7	8	160	40	60
94	1.14	300	18	36	10	60	70	50
95	1.15	400	50	60	140	130	110	80
96	1.16	120	24	48	15	25	40	20
97	1.17	204	10	30	3	15	72	36
98	1.18	150	100	400	120	20	40	15
99	1.19	216	40	60	120	16	20	4
100	1.20	600	6	6	120	24	26	30
101	1.1	120	20	8	14	11	15	6
102	1.2	45	19	7	3	12	16	22
103	1.3	22	6	12	9	15	20	15
104	1.4	350	30	120	150	50	225	60
105	1.5	50	15	27	7	15	12	8
106	1.6	15	6	18	14	15	7	9
107	1.7	400	200	60	90	120	160	60
108	1.8	15	9	7	12	21	10	12
109	1.9	250	80	120	150	60	100	180
110	1.10	210	160	90	70	225	120	75
111	1.11	120	10	18	6	13	22	12
112	1.12	220	40	60	30	15	21	75
113	1.13	300	22	18	15	13	12	10
114	1.14	90	18	50	33	9	15	22
115	1.15	30	6	10	15	18	30	8
116	1.16	15	6	16	7	18	10	12
117	1.17	30	15	30	24	6	45	30
118	1.18	40	7	15	18	10	12	22
119	1.19	45	7	10	15	6	22	30
120	1.20	25	12	15	9	22	30	40
121	1.1	4	6	2	4	3	5	2
122	1.2	10	7	3	1	4	5	7

Окончание таблицы 1.1

Вариант	Рисунок	E , В	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$R3$, Ом	$R4$, Ом	$R5$, Ом	$R6$, Ом
123	1.3	11	2	4	3	5	6	7
124	1.4	125	10	40	50	17	70	20
125	1.5	18	5	9	2	5	4	3
126	1.6	50	2	6	4	5	2	3
127	1.7	120	60	20	30	40	55	22
128	1.8	110	11	20	40	70	35	40
129	1.9	75	25	40	50	20	30	60
130	1.10	80	40	30	20	70	40	30
131	1.1	10	13	5	9	7	10	4
132	1.2	16	15	5	2	8	11	15
133	1.3	30	4	8	6	10	13	10
134	1.4	100	20	80	100	35	150	40
135	1.5	20	10	18	5	10	8	6
136	1.6	150	4	13	9	10	5	6
137	1.7	120	130	40	60	80	100	50
138	1.8	20	6	5	8	14	7	8
139	1.9	250	50	80	100	40	70	120
140	1.10	80	100	60	40	100	80	50
141	1.11	20	7	12	4	9	15	8
142	1.12	230	30	40	20	10	14	50
143	1.13	140	15	12	10	9	8	7
144	1.14	200	12	35	20	6	10	15
145	1.15	100	4	7	10	12	20	5
146	1.16	25	4	11	5	12	7	8
147	1.17	300	90	20	16	40	30	20
148	1.18	150	5	10	12	7	8	15
149	1.19	15	5	7	10	4	15	20
150	1.20	14	8	10	6	15	2	25

Варианты схем к заданию 1.1

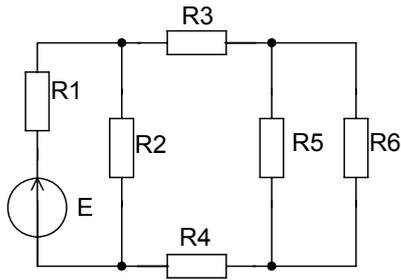


Рисунок 1.1

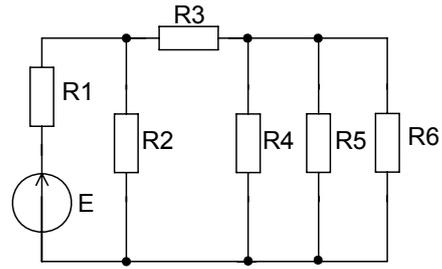


Рисунок 1.2

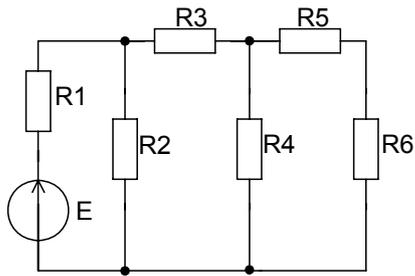


Рисунок 1.3

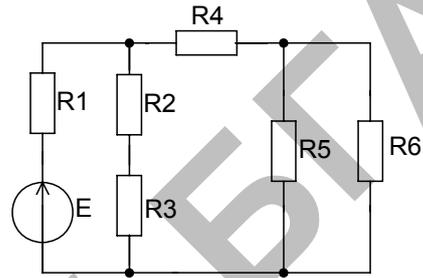


Рисунок 1.4

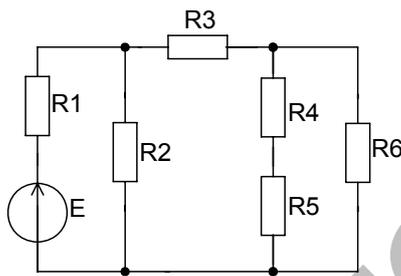


Рисунок 1.5

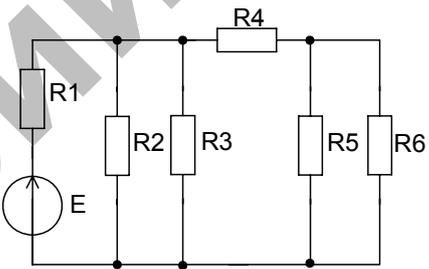


Рисунок 1.6

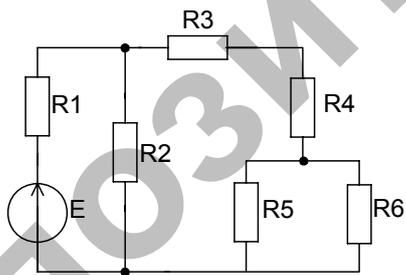


Рисунок 1.7

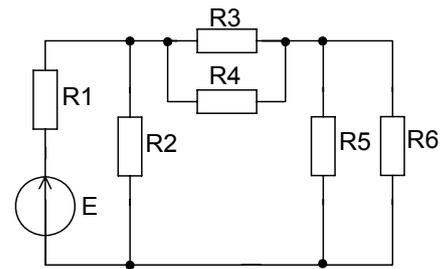


Рисунок 1.8

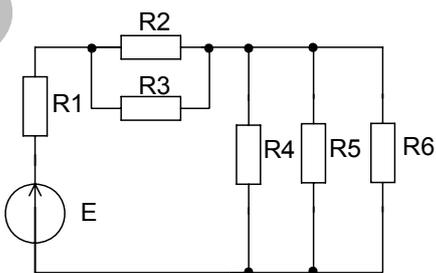


Рисунок 1.9

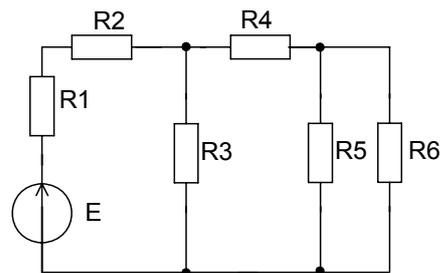


Рисунок 1.10

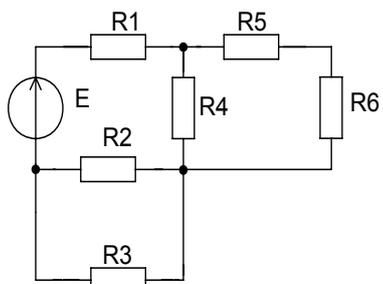


Рисунок 1.11

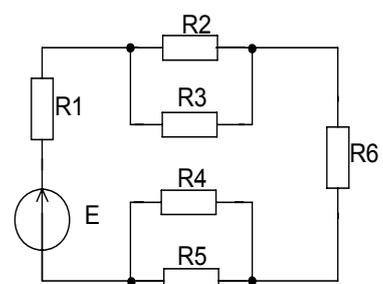


Рисунок 1.12

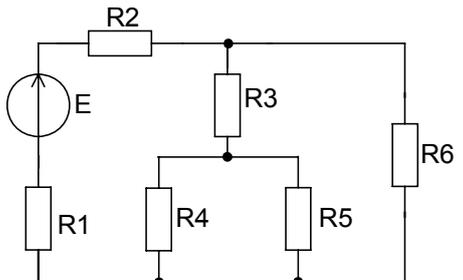


Рисунок 1.13

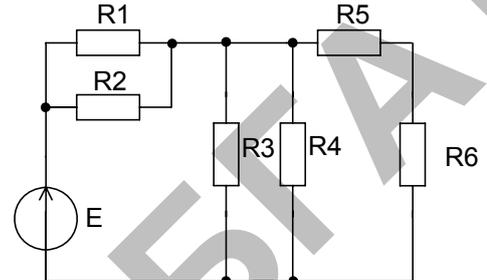


Рисунок 1.14

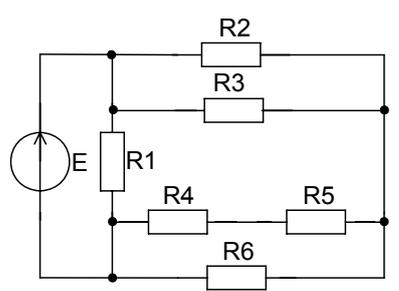


Рисунок 1.15

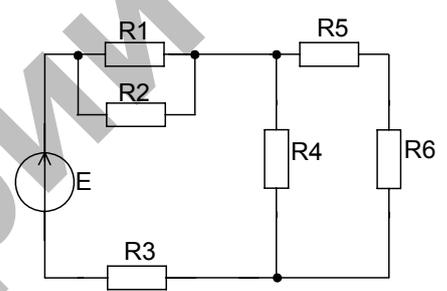


Рисунок 1.16

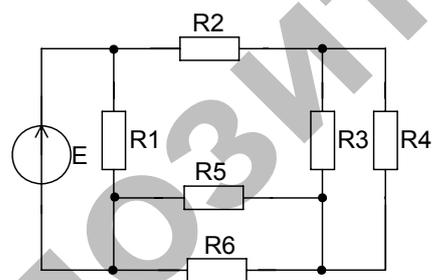


Рисунок 1.17

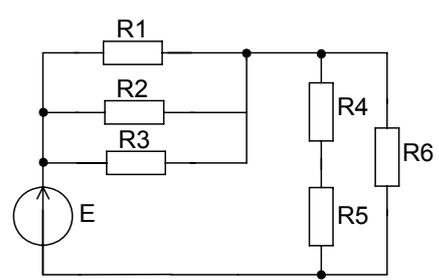


Рисунок 1.18

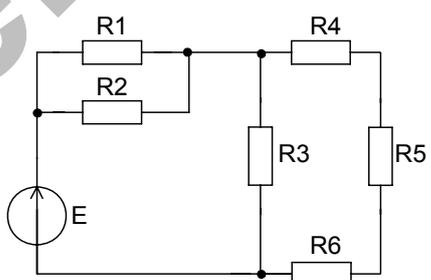


Рисунок 1.19

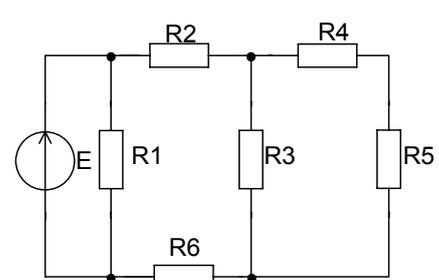


Рисунок 1.20

1.2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА СО СМЕШАННЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ПРИЕМНИКОВ

1.2.1 Общие положения

Для выполнения задания необходимо иметь четкое представление о синусоидальном токе и характеризующих его величинах (частота f , период T , угловая частота ω , начальная фаза ψ , амплитуда I_m , действующее значение I), знать комплексный метод расчета, закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме, уметь выполнять алгебраические действия с комплексными числами, знать методику эквивалентных преобразований схем цепи и расчет активной, реактивной и полной мощностей.

Для подготовки к выполнению задания рекомендуется использовать литературу [1...3].

1.2.2. Содержание задания

Электрическая цепь (рисунки 2.1...2.20) имеет источник синусоидальной ЭДС частотой $f = 50$ Гц. Параметры цепи, соответствующей номеру варианта, указаны в таблице 1.2.

Требуется:

1. Определить токи во всех ветвях электрической цепи. (Привести схемы промежуточных эквивалентных преобразований цепи при определении $\underline{Z}_{\text{экв}}$).
2. Определить активную, реактивную и полную мощности источника ЭДС. Составить баланс активной мощности источника ЭДС и приемников.
3. Для одного из узлов составить уравнение по первому закону Кирхгофа и построить по этому уравнению векторную диаграмму токов этого узла. Для наружного контура составить уравнение по второму закону Кирхгофа и по этому уравнению построить векторную диаграмму напряжений этого контура. Все построения сделать на одном рисунке, выбрав удобные масштабы для напряжения и для тока.

4. Записать мгновенное значение тока одной из ветвей и построить график этого тока.

1.2.3. Методические указания

При расчете токов комплексным методом требуется выполнять алгебраические действия с комплексными числами. Здесь удобно использовать микрокалькуляторы с программой алгебраических действий с комплексными числами. Такие калькуляторы имеют клавишу $\text{cr}|\text{x}$ для входа в программу и клавиши a и b для ввода вещественной и мнимой части комплексного числа. Указания по использованию калькуляторов и пояснения по комплексным числам и действиям с ними приведены в приложениях 3, 4.

1.2.4. Контрольные вопросы

1. Какое преобразование электрических схем называют эквивалентным?
2. Понятие об активном, комплексном и полном сопротивлении. Треугольник сопротивлений.
3. Закон Ома и законы Кирхгофа для цепи синусоидального тока в комплексной форме.
4. Что понимают под сдвигом фаз между напряжением и током на участке цепи? Как его определить?
5. Что называют векторной диаграммой? Как построить векторную диаграмму?
6. Активная, реактивная и полная мощности.
7. Выражение мощности в комплексной форме. Треугольник мощностей.
8. Расчетные формулы и единицы измерения активной, реактивной и полной мощностей.

Таблица 1.2 — Варианты заданий и исходные данные

Вариант	Рисунок	E , В	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$R3$, Ом	$L1$, мГн	$L2$, мГн	$L3$, мГн	$C1$, мкФ	$C2$, мкФ
1	2.1	50	5	10	15	63.7	95.5	31.8	318	212
2	2.2	40	10	20	15	15.9	31.9	63.7	637	159
3	2.3	60	15	10	20	111	15.9	-	127	31.8
4	2.4	70	20	15	10	47.8	95.5	31.8	159	212
5	2.5	80	25	5	20	31.8	31.8	127	318	106
6	2.6	100	30	20	10	47.8	95.5	11	79.6	127
7	2.7	90	15	30	30	47.8	127	15.9	159	106
8	2.8	120	25	20	25	95.5	31.8	-	159	318
9	2.9	30	5	10	10	31.8	15.9	31.8	318	159
10	2.10	60	10	15	10	15.9	95.5	47.8	79.6	127
11	2.11	110	10	15	20	47.8	31.8	31.8	637	318
12	2.12	120	5	10	20	79.6	47.8	63.7	127	318
13	2.13	80	10	20	5	31.8	127	31.8	318	106
14	2.14	90	10	20	15	15.9	127	15.9	318	127
15	2.15	100	15	10	20	95.5	31.8	15.9	106	159
16	2.16	120	5	10	15	15.9	15.9	111	159	106
17	2.17	130	5	15	10	15.9	111	31.8	106	106
18	2.18	140	10	5	20	31.8	63.7	95.5	106	127
19	2.19	150	5	40	10	15.9	31.8	95.5	159	318
20	2.20	160	10	15	5	127	127	111	106	127
21	2.1	60	10	15	20	79.6	127	127	91	106
22	2.2	60	5	15	10	31.8	15.9	111	106	159
23	2.3	70	10	5	15	95.5	31.8	-	127	159
24	2.4	80	15	20	20	111	95.5	15.9	106	159
25	2.5	90	30	10	25	47.8	79.6	95.5	212	91
26	2.6	110	30	25	15	79.6	111	127	106	127
27	2.7	100	30	15	15	63.7	111	31.8	127	106
28	2.8	130	30	30	35	111	95.5	-	106	212
29	2.9	50	5	15	15	47.8	31.8	47.8	212	212
30	2.10	80	15	20	15	31.8	79.6	31.8	91	106
31	2.11	120	15	20	25	63.7	47.8	47.8	318	212
32	2.12	140	10	15	25	95.3	63.7	79.6	212	159
33	2.13	100	15	25	10	47.8	111	47.8	212	106
34	2.14	120	5	15	10	31.8	111	31.8	212	106
35	2.15	110	10	15	15	79.6	15.9	31.8	127	212
36	2.16	140	10	15	20	31.8	31.8	127	127	106
37	2.17	150	10	20	15	31.8	127	47.8	106	127
38	2.18	160	15	10	25	47.8	79.6	111	159	212
39	2.19	170	10	35	15	31.8	47.8	111	159	127
40	2.20	180	15	20	10	111	111	95.5	127	212
41	2.1	190	20	30	35	95.5	111	111	127	127
42	2.2	200	19	20	15	47.8	31.8	127	159	159
43	2.3	140	20	10	30	111	47.8	-	159	212
44	2.4	160	30	40	40	127	111	31.8	127	212
45	2.5	180	40	20	40	79.6	111	111	159	127

Продолжение таблицы 1.2

Вариант	Рисунок	E, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	L1, мГн	L2, мГн	L3, мГн	C1, мкФ	C2, мкФ
46	2.6	220	40	35	30	95.5	127	127	127	159
47	2.7	200	40	25	30	79.6	127	47.6	106	127
48	2.8	210	40	30	35	79.6	127	-	159	106
49	2.9	190	10	30	30	63.7	47.8	63.7	318	106
50	2.10	160	30	40	30	47.8	95.5	47.8	106	159
51	2.11	100	15	30	40	63.7	95.5	31.8	159	127
52	2.12	150	10	25	25	47.8	31.8	95.5	127	79.6
53	2.13	160	15	25	35	47.8	95.5	63.7	159	79.6
54	2.14	180	15	35	40	31.8	95.5	31.8	318	127
55	2.15	200	10	5	15	79.6	63.7	31.8	106	127
56	2.16	220	10	15	20	31.8	31.8	127	127	127
57	2.17	230	5	30	40	31.8	95.5	47.8	159	106
58	2.18	220	10	15	25	47.8	47.8	95.5	106	127
59	2.19	220	10	35	25	31.8	47.8	95.5	127	159
60	2.20	220	5	25	25	63.7	95.5	95.5	127	318
61	2.1	120	15	20	30	95.5	95.5	95.5	159	159
62	2.2	120	10	20	30	47.8	31.8	95.5	127	159
63	2.3	120	15	10	30	111	47.8	-	127	127
64	2.4	120	20	20	20	95.5	111	31.8	159	159
65	2.5	120	20	10	30	31.8	95.5	79.6	212	79.6
66	2.6	220	25	35	40	63.7	95.5	111	159	127
67	2.7	200	40	20	25	79.6	127	47.8	159	212
68	2.8	220	40	40	40	127	127	-	106	106
69	2.9	200	10	30	30	63.7	63.7	63.7	91	91
70	2.10	200	30	40	30	47.8	95.5	63.7	159	159
71	2.11	220	10	15	20	47.8	63.7	63.7	106	106
72	2.12	220	15	25	30	79.6	79.6	63.7	106	91
73	2.13	200	20	30	40	63.7	95.5	63.7	212	212
74	2.14	220	10	20	25	47.8	95.5	47.8	159	212
75	2.15	220	20	25	35	63.7	31.8	47.8	106	127
76	2.16	200	20	30	40	47.8	47.8	111	212	318
77	2.17	220	15	25	35	47.8	111	63.7	318	212
78	2.18	220	20	20	30	47.8	95.5	95.5	159	127
79	2.19	220	15	25	35	47.8	63.7	95.5	637	318
80	2.20	220	20	10	30	95.5	95.5	79.6	318	318
81	2.1	100	10	20	40	31.8	63.7	47.8	91	79.6
82	2.2	100	10	30	20	31.8	47.8	79.6	106	91
83	2.3	100	20	30	10	79.6	31.8	-	91	106
84	2.4	100	15	15	10	63.7	111	47.8	159	212
85	2.5	100	15	5	30	47.8	47.8	111	212	318
86	2.6	150	20	25	20	63.7	111	127	318	318
87	2.7	150	15	30	40	63.7	111	31.8	127	159
88	2.8	150	15	40	35	111	15.9	-	318	637
89	2.9	150	10	20	20	15.9	31.8	31.8	91	106
90	2.10	150	15	30	40	31.8	111	63.7	637	318

Продолжение таблицы 1.2

Вариант	Рисунок	E, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	L1, мГн	L2, мГн	L3, мГн	C1, мкФ	C2, мкФ
91	2.11	50	5	10	15	31.8	47.8	47.8	106	91
92	2.12	50	10	10	10	47.8	31.8	47.8	91	79.6
93	2.13	50	5	20	40	47.8	111	47.8	637	318
94	2.14	50	5	25	35	31.8	111	31.8	318	318
95	2.15	50	10	20	25	111	31.8	31.8	91	79.6
96	2.16	50	10	10	20	31.8	31.8	95.5	212	159
97	2.17	50	5	20	25	31.8	95.5	47.8	91	79.6
98	2.18	50	10	10	10	15.9	47.8	79.6	106	91
99	2.19	50	5	10	15	31.8	31.8	111	212	318
100	2.20	50	10	15	20	111	63.7	63.7	91	79.6
101	2.1	220	15	30	40	111	95.5	79.6	212	318
102	2.2	220	15	25	35	63.7	31.8	111	637	318
103	2.3	220	10	20	40	95.5	63.7	-	106	91
104	2.4	220	15	20	15	111	95.5	47.8	212	212
105	2.5	220	20	30	40	127	111	47.8	318	212
106	2.6	150	20	35	35	47.8	111	95.5	212	159
107	2.7	150	20	40	15	63.7	111	47.8	318	212
108	2.8	150	20	30	20	111	111	-	159	159
109	2.9	150	5	10	15	47.8	63.7	79.6	91	79.6
110	2.10	150	10	20	30	31.8	111	79.6	212	159
111	2.11	150	15	25	35	63.7	47.8	79.6	318	318
112	2.12	150	10	20	30	63.7	63.7	79.6	637	318
113	2.13	150	15	35	15	79.6	111	79.6	159	159
114	2.14	150	15	30	40	63.7	111	31.8	127	159
115	2.15	150	20	15	25	47.8	31.8	63.7	91	106
116	2.16	150	10	15	30	31.8	31.8	111	106	127
117	2.17	220	5	10	15	31.8	95.5	47.8	637	318
118	2.18	150	10	15	15	31.8	111	127	106	127
119	2.19	150	10	5	5	31.8	63.7	111	159	159
120	2.20	150	15	20	25	63.7	47.8	79.6	91	79.6
121	2.1	120	5	30	40	63.7	63.7	79.6	79.6	91
122	2.2	120	15	25	35	47.8	31.8	95.5	159	212
123	2.3	120	10	20	40	79.6	47.8	-	637	318
124	2.4	120	20	10	10	79.6	95.5	31.8	159	212
125	2.5	120	5	15	30	31.8	31.8	95.5	318	212
126	2.6	120	15	15	15	79.6	79.6	127	91	91
127	2.7	120	20	25	30	47.8	95.5	47.8	159	212
128	2.8	120	15	30	35	111	31.8	-	106	127
129	2.9	120	20	20	20	31.8	31.8	31.8	91	79.6
130	2.10	120	5	10	15	15.9	31.8	47.8	106	91
131	2.11	200	20	25	25	15.9	63.7	47.8	91	106
132	2.12	200	15	25	35	31.8	63.7	47.8	106	106
133	2.13	200	5	15	40	79.6	95.5	127	212	212
134	2.14	200	10	10	10	63.7	31.8	95.5	106	106
135	2.15	200	5	25	30	127	47.8	47.8	159	159

Окончание таблицы 1.2

Вариант	Рисунок	E , В	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$R3$, Ом	$L1$, мГн	$L2$, мГн	$L3$, мГн	$C1$, мкФ	$C2$, мкФ
136	2.16	200	15	40	10	47.8	31.8	111	212	159
137	2.17	200	20	25	25	63.7	63.7	127	106	106
138	2.18	200	30	25	20	31.8	47.8	63.7	91	106
139	2.19	200	10	20	30	63.7	63.7	47.8	106	91
140	2.20	200	15	20	35	127	47.8	31.8	212	159
141	2.1	100	10	20	30	111	111	95.5	318	637
142	2.2	100	20	40	15	31.8	31.8	95.5	157	212
143	2.3	100	15	20	15	95.5	31.8	-	212	318
144	2.4	100	20	15	10	127	95.5	111	127	127
145	2.5	100	5	10	15	95.5	15.9	31.8	106	91
146	2.6	100	10	15	20	31.8	31.8	47.8	91	91
147	2.7	100	5	30	40	63.7	47.8	95.5	106	127
148	2.8	100	10	40	30	95.5	111	-	318	212
149	2.9	100	5	15	35	79.6	79.6	111	637	318
150	2.10	100	10	20	30	47.8	127	63.7	212	318

Варианты схем к заданию 1.2

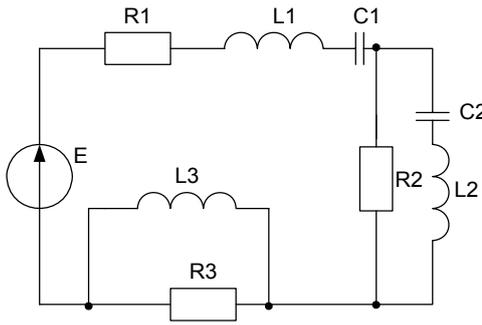


Рисунок 2.1

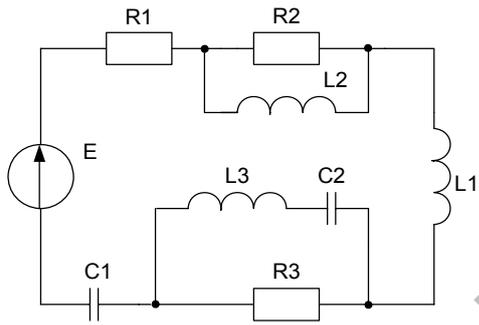


Рисунок 2.2

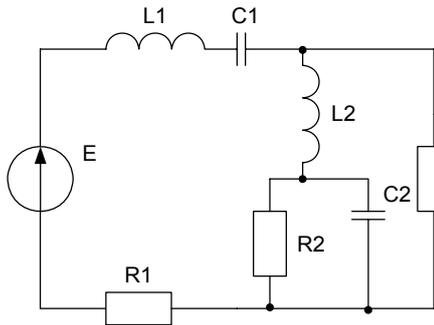


Рисунок 2.3

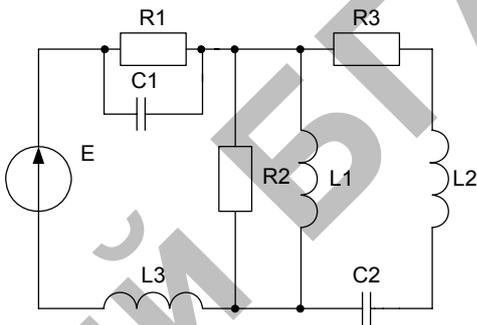


Рисунок 2.4

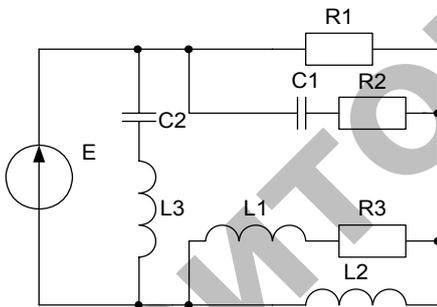


Рисунок 2.5

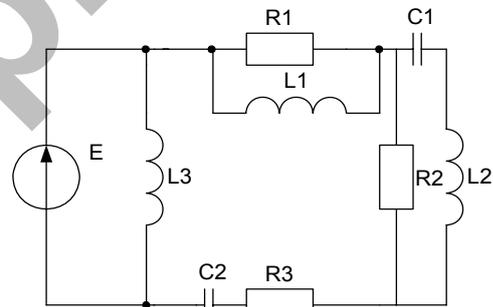


Рисунок 2.6

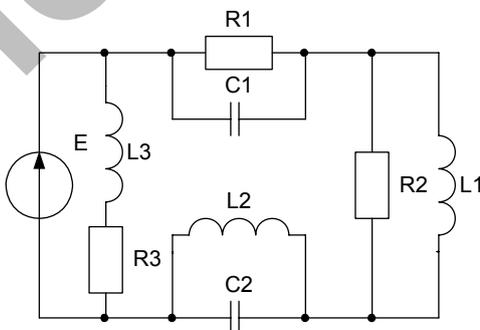


Рисунок 2.7

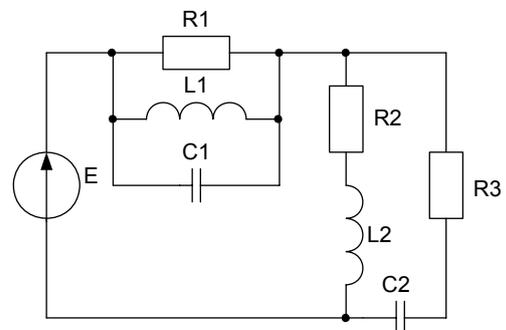


Рисунок 2.8

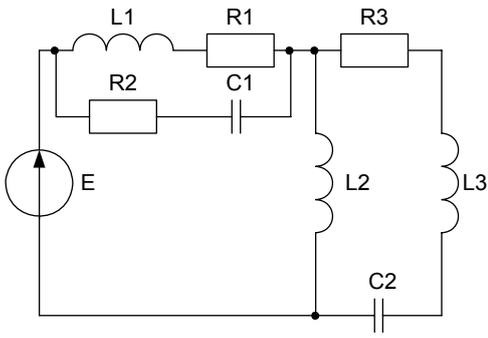


Рисунок 2.9

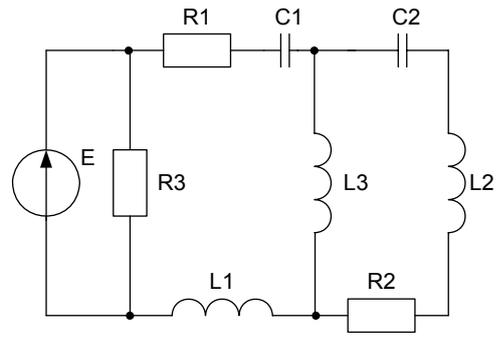


Рисунок 2.10

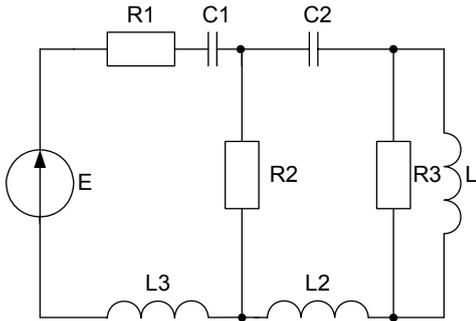


Рисунок 2.11

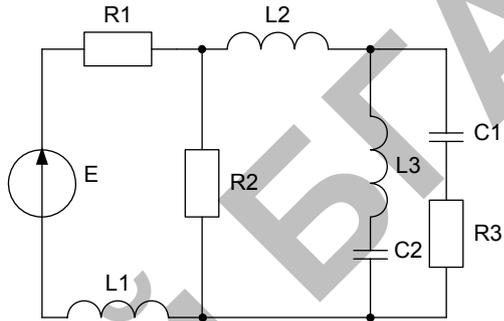


Рисунок 2.12

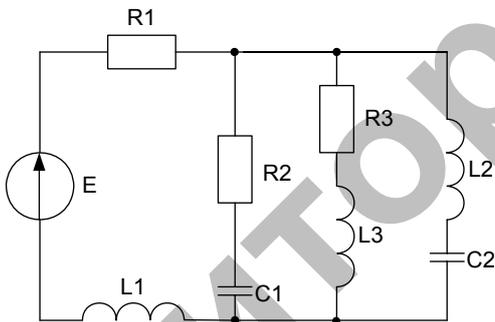


Рисунок 2.13

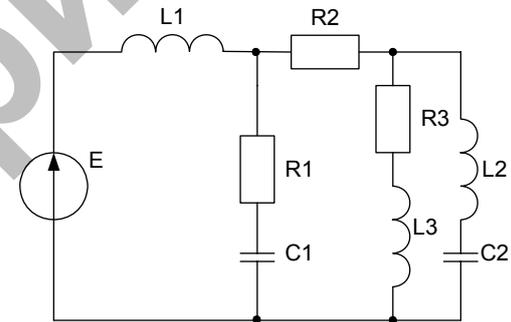


Рисунок 2.14

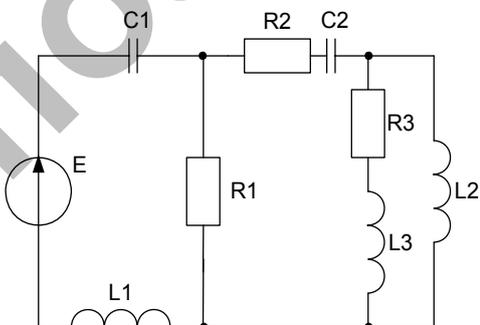


Рисунок 2.15

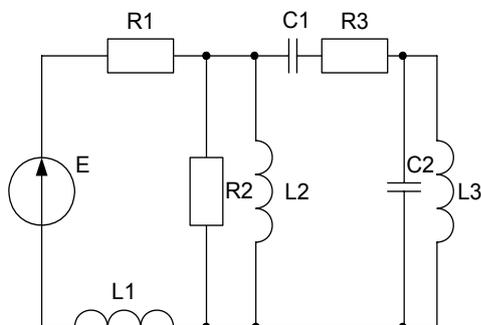


Рисунок 2.16

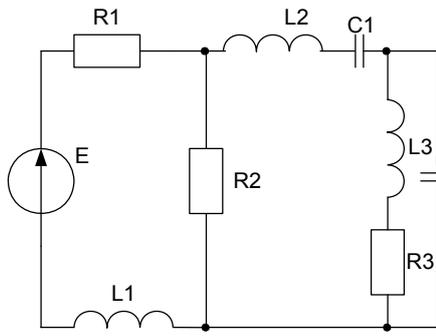


Рисунок 2.17

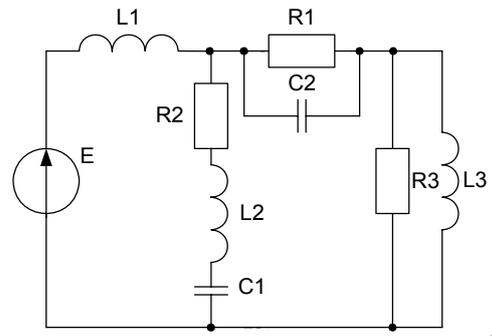


Рисунок 2.18

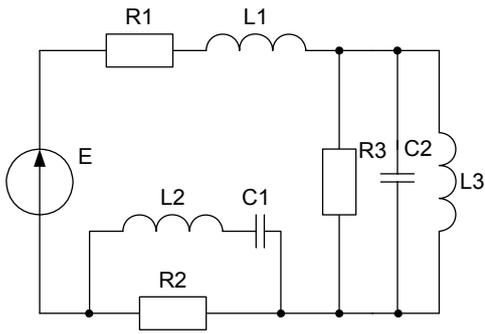


Рисунок 2.19

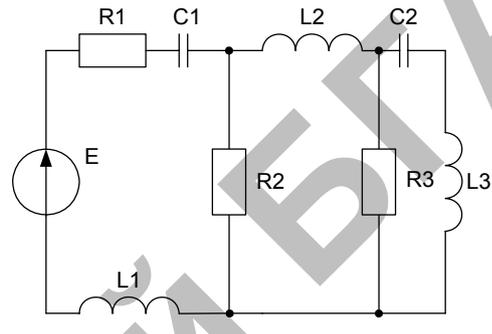


Рисунок 2.20

1.3. РАСЧЕТ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1.3.1. Общие положения

Для выполнения задания необходимо знать правила составления уравнений по законам Кирхгофа для расчета токов в ветвях схемы электрической цепи, методы контурных токов, узловых потенциалов и эквивалентного генератора, уметь составить уравнение энергетического баланса в электрической цепи. Указанные вопросы изложены в литературе [1...3].

1.3.2. Содержание задания

Электрическая цепь, соответствующая номеру варианта и изображенная на рисунках 3.1...3.20 имеет источники ЭДС и источник тока. Параметры цепи для каждого варианта даны в таблице 1.3.

Требуется:

1. Составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для расчета токов во всех ветвях схемы.
2. Определить токи во всех ветвях схемы методом контурных токов. Расчет системы уравнений выполнить или на ЭВМ или методом определителей.
3. Составить уравнения для расчета токов во всех ветвях схемы методом узловых потенциалов.
4. Составить баланс мощностей, вычислив суммарную мощность источников и суммарную мощность приемников.
5. Определить ток I_1 методом эквивалентного генератора.

1.3.3. Методические указания

Методы расчета сложных электрических цепей и примеры решения задач рассмотрены в модуле 2 [2].

При выполнении пункта 2 задания для использования ЭВМ необходимо записать расширенную матрицу системы уравнений в численной форме и обратиться к программе «Решение системы уравнений», помещенной в папке «Методические разработки кафедры электротехники».

1.3.4. Контрольные вопросы

1. Что называют ветвью, узлом, контуром?
2. Первый и второй законы Кирхгофа.
3. Составление уравнений по законам Кирхгофа для расчета токов во всех ветвях схемы электрической цепи.
4. Методы расчета сложных электрических цепей: контурных токов, узловых потенциалов, эквивалентного генератора.
5. Области рационального применения вышеуказанных методов расчета.
6. Как рассчитать мощности источника ЭДС, источника тока, приемника?

Таблица 1.3 — Варианты заданий и исходные данные

Вариант	Рисунок	$E1,$ В	$E2,$ В	$J,$ А	$R1,$ Ом	$R2,$ Ом	$R3,$ Ом	$R4,$ Ом	$R5,$ Ом	$R6,$ Ом
1	3.1	16	12	1	1	5	2	8	11	15
2	3.2	25	14	1	8	10	6	15	21	26
3	3.3	8	16	0,5	4	13	9	10	5	6
4	3.4	7	20	0,4	12	36	22	6	10	15
5	3.5	25	45	1	4	11	5	12	7	8
6	3.6	13	15	2	5	10	12	7	8	15
7	3.7	12	13	0,1	30	40	60	80	110	45
8	3.8	10	25	0,1	55	80	100	40	70	120
9	3.9	8	20	1	7	12	4	9	15	8
10	3.10	25	8	0,1	110	60	45	150	80	50
11	3.11	150	100	0,2	20	80	100	35	150	40
12	3.12	13	14	1	15	12	10	9	8	7
13	3.13	10	20	0,5	4	7	10	12	20	5
14	3.14	10	30	0,5	9	20	16	40	30	22
15	3.15	21	40	1,5	13	5	9	7	10	4
16	3.16	9	30	2	4	8	6	10	13	10
17	3.17	30	20	1	10	18	5	10	8	6
18	3.18	9	23	0,5	30	40	22	10	14	50
19	3.19	15	20	0,5	5	7	10	4	15	20
20	3.20	14	20	1	6	5	8	14	7	8

Продолжение таблицы 1.3

Вариант	Рисунок	$E1,$ В	$E2,$ В	$J,$ А	$R1,$ Ом	$R2,$ Ом	$R3,$ Ом	$R4,$ Ом	$R5,$ Ом	$R6,$ Ом
21	3.1	30	12	2	19,5	7,5	3	12	16,5	22,5
22	3.2	25	30	1	12	15	9	22,5	31,5	39
23	3.3	15	16	0,4	6	19,5	13,5	15	7,5	9
24	3.4	18	9	0,5	18	52,5	33	9	15	22,5
25	3.5	25,5	15	0,2	6	16,5	7,5	18	10,5	12
26	3.6	37	15	0,2	7,5	15	18	10,5	12	22,5
27	3.7	5	12,5	0,5	65	20	30	40	55	22
28	3.8	22	25,5	0,1	82,5	120	150	60	105	180
29	3.9	5	12	0,2	10,5	18	6	13,5	22,5	12
30	3.10	21	21	0,1	165	90	67,5	225	120	75
31	3.11	375	90	0,2	30	120	150	52	225	50
32	3.12	15	30	1	22,5	18	15	13,5	12	10,5
33	3.13	30	9	0,3	6	10,5	15	18	30	8,5
34	3.14	27	15	0,2	13,5	30	24	60	45	33
35	3.15	15	4	1	6,5	2,5	4,5	3,5	5	2
36	3.16	22	21	0,5	6	12	9	15	19	15
37	3.17	52	16	0,2	15	27	7	15	12	9
38	3.18	22	16	0,3	45	60	33	15	21	75
39	3.19	15	45	0,4	7,5	10,5	15	6	22,5	30
40	3.20	33	15	0,5	9	7,5	12	21	10,5	12
41	3.1	10	5	1	6,5	2,5	1	4	5,5	7,5
42	3.2	10	4	2	4	5	3	7,5	10,5	13
43	3.3	5	7	0,4	2	6,5	4,5	5	2,5	3
44	3.4	6	6,5	0,2	6	17,5	11	3	5	7,5
45	3.5	10,5	5	1	2	5,5	2,5	6	3,5	4
46	3.6	12	6	0,5	2,5	5	6	3,5	4	7,5
47	3.7	10	37,5	0,1	195	60	90	120	165	67
48	3.8	7,5	6,5	0,1	27,5	40	50	20	35	60
49	3.9	5	7	1	3,5	6	2	4,5	7,5	4
50	3.10	8	7	0,5	55	30	22,5	75	40	25
51	3.11	125	34	0,2	10	40	50	17,5	75	20
52	3.12	5	10	1	7,5	6	5	4,5	4	3,5
53	3.13	10	6,5	1	2	3,5	5	6	10	2,5
54	3.14	9	10	0,2	4,5	10	8	20	15	11
55	3.15	45	9	0,4	19,5	7,5	13,5	10,5	15	6
56	3.16	7,5	11	1	2	4	3	5	6,5	5
57	3.17	16	8	1	5	9	2,5	5	4	3
58	3.18	7,5	7,5	0,5	15	20	11	5	7	25
59	3.19	7	15	2	2,5	3,5	5	2	7,5	16
60	3.20	11	7,5	2	3	2,5	4	7	3,5	4
61	3.1	32	24	0,5	26	10	4	16	22	30
62	3.2	50	34	0,2	16	20	12	30	42	52
63	3.3	10	40	0,4	8	14	20	24	40	11
64	3.4	19	40	0,2	24	70	44	12	20	30
65	3.5	50	16	1	6	22	10	24	14	16

Продолжение таблицы 1.3

Вариант	Рисунок	$E1,$ В	$E2,$ В	$J,$ А	$R1,$ Ом	$R2,$ Ом	$R3,$ Ом	$R4,$ Ом	$R5,$ Ом	$R6,$ Ом
66	3.6	38	30	1	10	20	24	14	16	30
67	3.7	200	200	0,1	40	160	200	70	300	80
68	3.8	22	50	0,2	110	160	200	80	140	240
69	3.9	12	40	0,3	14	24	8	18	30	16
70	3.10	50	22	0,1	220	120	90	300	160	100
71	3.11	34	24	0,1	260	80	120	160	220	90
72	3.12	26	28	0,5	30	24	20	18	16	14
73	3.13	11	32	0,5	8	26	18	20	10	12
74	3.14	28	60	0,2	18	40	32	80	60	44
75	3.15	24	20	0,2	26	10	18	14	20	8
76	3.16	24	60	0,5	8	16	12	20	26	26
77	3.17	40	40	0,5	20	36	10	20	16	12
78	3.18	8	46	0,5	60	80	44	20	28	100
79	3.19	30	20	1	10	14	20	8	30	40
80	3.20	12	40	0,5	12	10	16	28	14	16
81	3.1	50	25	0,4	32,5	12,5	5	20	27,5	37,5
82	3.2	50	50	0,2	20	25	15	37	52	65
83	3.3	25	27	0,2	10	32,5	22,5	25	12,5	15
84	3.4	30	15	1	30	87,5	55	15	25	37,5
85	3.5	32,5	25	0,2	10	27,5	12,5	30	17,5	20
86	3.6	62,5	35	0,4	12,5	25	30	17	20	37,5
87	3.7	17	62	0,1	325	100	150	20	275	110
88	3.8	37	34	0,1	137	200	250	10	175	300
89	3.9	25	26	0,2	17,5	30	10	22	37,5	20
90	3.10	625	150	0,2	50	200	250	8	37	100
91	3.11	35	24	0,2	275	150	112	37	200	225
92	3.12	25	50	0,4	37,5	30	25	225	20	17,5
93	3.13	50	15	1	10	17,5	25	3	50	13,5
94	3.14	45	35	0,1	22,5	50	40	100	75	55
95	3.15	75	20	0,2	32,5	12,5	22,5	17,5	25	10
96	3.16	37,5	37	0,2	10	20	15	25	32	25
97	3.17	87,5	32	0,1	25	40	12,5	25	20	15
98	3.18	37	32	0,2	75	100	55	25	35	125
99	3.19	30	75	0,2	12,5	17,5	25	10	37,5	50
100	3.20	55	25	0,4	15	12,5	20	35	17	20
101	3.1	10	21	1	13	5	9	7	10	4
102	3.2	12	16	2	13	5	2	8	11	15
103	3.3	30	9	1	4	8	6	10	13	10
104	3.4	100	150	1	20	80	100	35	150	40
105	3.5	20	30	1	10	18	5	10	8	6
106	3.6	16	8	0,2	4	13	9	10	5	6
107	3.7	12	13	0,3	130	40	60	80	110	45
108	3.8	20	14	1	6	5	8	14	7	8
109	3.9	25	10	0,1	55	80	100	40	70	120
110	3.10	25	8	0,1	110	60	45	150	80	50

Окончание таблицы 1.3

Вариант	Рисунок	$E1,$ В	$E2,$ В	$J,$ А	$R1,$ Ом	$R2,$ Ом	$R3,$ Ом	$R4,$ Ом	$R5,$ Ом	$R6,$ Ом
111	3.11	20	8	0,5	7	12	4	9	15	8
112	3.12	23	9	0,25	30	40	22	10	14	50
113	3.13	13	14	0,5	15	12	10	9	8	7
114	3.14	20	8	0,2	12	35	22	6	10	15
115	3.15	20	10	1	4	7	10	12	20	5
116	3.16	25	5	0,5	4	11	5	12	7	8
117	3.17	30	10	0,5	9	20	16	40	30	22
118	3.18	15	13	1	5	10	12	7	8	15
119	3.19	15	20	1	5	7	10	4	15	20
120	3.20	25	14	1	8	10	6	15	21	26
121	3.1	9	45	0,8	19	7	13	10	15	8
122	3.2	12	30	0,8	19	7	3	12	16	22
123	3.3	21	22	2	6	12	9	15	19	15
124	3.4	90	300	0,5	30	120	15	52	225	60
125	3.5	16	52	0,5	15	27	7	15	12	9
126	3.6	16	15	0,4	6	19	13	15	7	9
127	3.7	10	37	0,1	195	60	90	120	165	67
128	3.8	15	33	2	9	7	12	21	10	12
129	3.9	25	22	0,1	82	120	150	60	105	180
130	3.10	21	21	0,1	165	90	67	225	120	75
131	3.11	12	15	1	10	18	6	13	22	12
132	3.12	16	22	0,3	45	60	33	15	21	75
133	3.13	15	30	0,2	22	18	15	13	12	10
134	3.14	9	18	0,4	18	52	33	9	15	22
135	3.15	9	30	2	6	10	15	18	30	8
136	3.16	25	15	2	6	16	7	18	10	12
137	3.17	15	27	1	13	30	24	60	45	33
138	3.18	37	15	0,5	7	15	18	10	12	22
139	3.19	15	45	1	7	10	15	6	22	30
140	3.20	25	30	1	12	15	9	22	31	39
141	3.1	4	15	0,4	6	2	4	3	5	2
142	3.2	5	10	0,4	7	5	1	6	2	4
143	3.3	11	7	1	2	4	3	5	6	5
144	3.4	35	125	0,4	10	40	50	17	75	20
145	3.5	8	17	0,2	5	9	2,5	5	4	3
146	3.6	7	5	0,2	2	6	4	5	2	3
147	3.7	5	12	0,1	65	20	30	40	55	22
148	3.8	7	11	1	3	2	4	7	3	4
149	3.9	6	8	0,1	27	40	50	20	35	60
150	3.10	8	7	0,1	55	30	22	75	40	25

Варианты схем к заданию 1.3

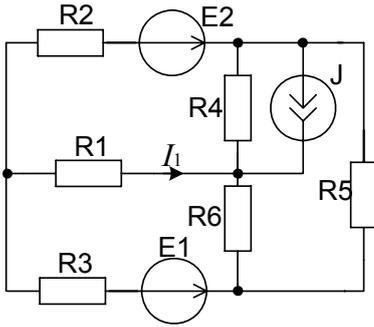


Рисунок 3.1

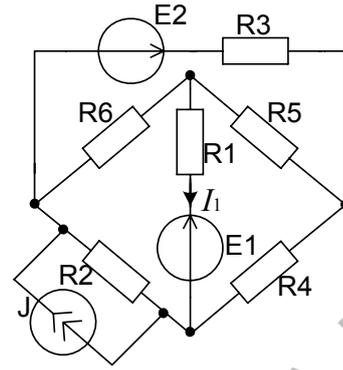


Рисунок 3.2

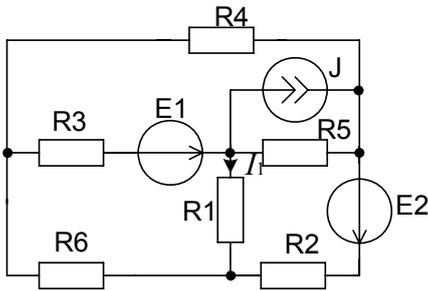


Рисунок 3.3

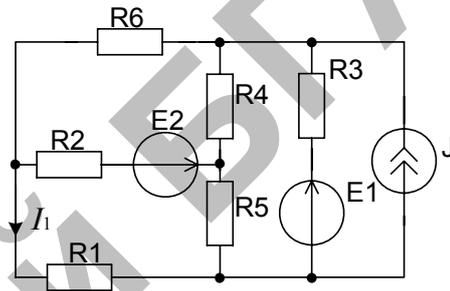


Рисунок 3.4

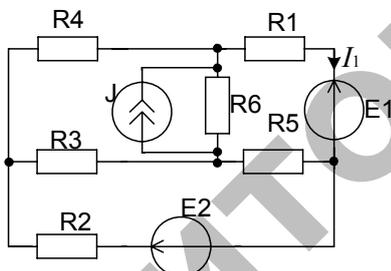


Рисунок 3.5

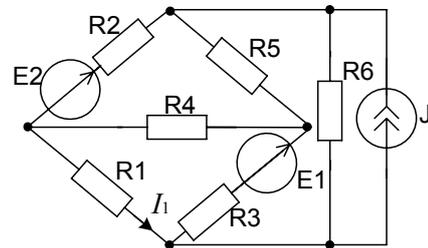


Рисунок 3.6

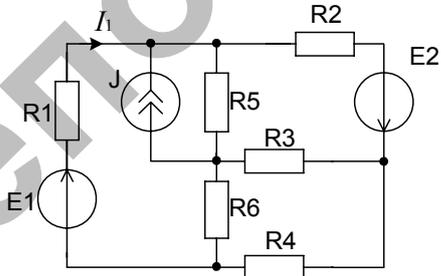


Рисунок 3.7

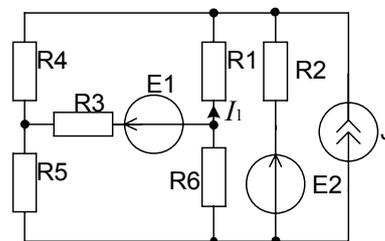


Рисунок 3.8

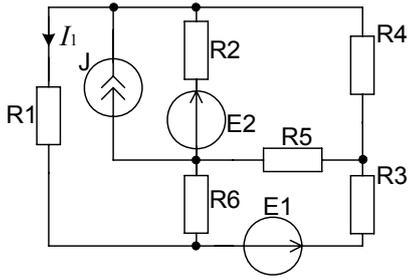


Рисунок 3.9

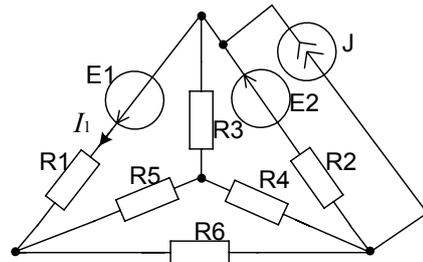


Рисунок 3.10

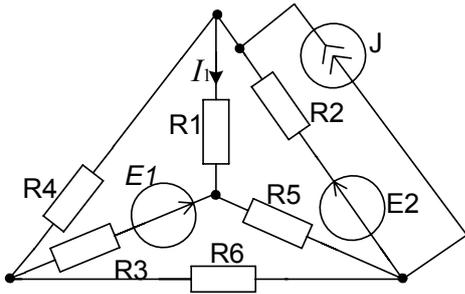


Рисунок 3.11

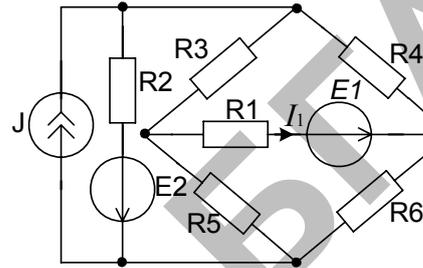


Рисунок 3.12

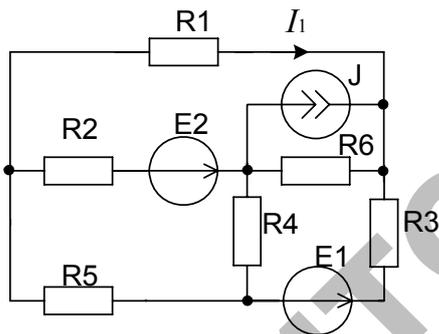


Рисунок 3.13

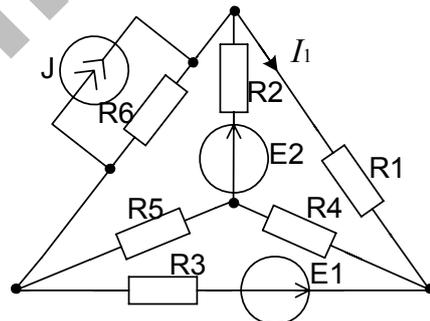


Рисунок 3.14

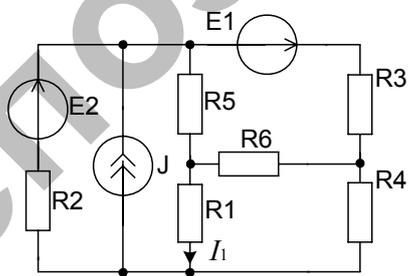


Рисунок 3.15

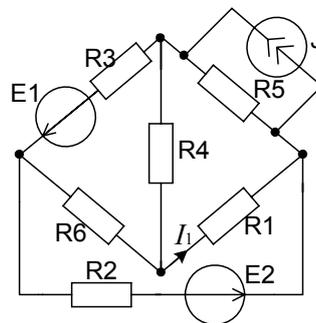


Рисунок 3.16

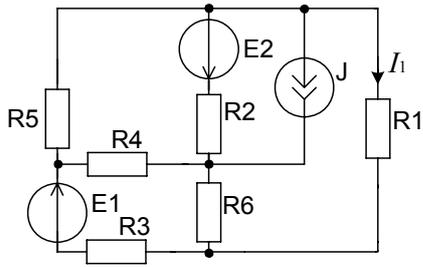


Рисунок 3.17

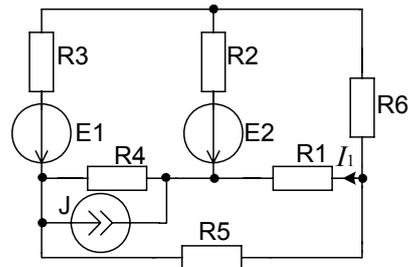


Рисунок 3.18

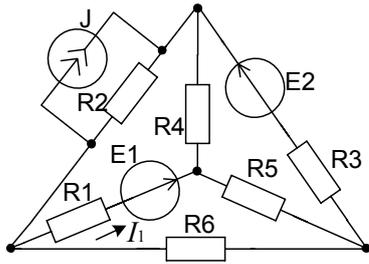


Рисунок 3.19

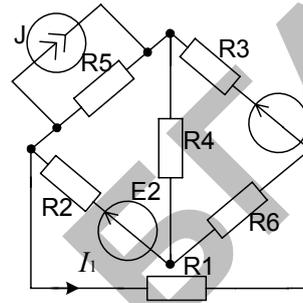


Рисунок 3.20

1.4. РАСЧЕТ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

1.4.1. Общие положения

Для выполнения задания необходимо знать комплексный метод расчета цепей синусоидального тока, закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме, знать методы расчёта сложных электрических цепей, в частности метод двух узлов; знать расчёт мощностей и составление баланса мощностей.

Указанные вопросы изложены в литературе [1...3].

1.4.2. Содержание задания

Электрическая цепь (рисунки 4.1...4.20) имеет источники синусоидальных ЭДС частотой $f = 50$ Гц. Параметры цепи, соответствующей номеру варианта, указаны в таблице 1.4.

Требуется:

1. Определить токи в ветвях цепи методом двух узлов.
2. Составить баланс активных и реактивных мощностей.

1.4.3. Методические указания

Методические указания по расчёту электрических цепей методом двух узлов, примеры решения задач приведены в модуле 2 [2].

Для выполнения расчетов в комплексной форме рекомендуется использовать калькулятор с программой алгебраических действий с комплексными числами (Приложение 3).

1.4.4. Контрольные вопросы

1. Первый и второй законы Кирхгофа в комплексной форме.
2. Правила составления уравнений по законам Кирхгофа для расчета электрических цепей.
3. Порядок расчёта токов в электрической цепи по методу двух узлов.
4. Формула определения напряжения между двумя узлами.
5. Закон Ома в комплексной форме для определения тока на участке цепи с ЭДС.

Таблица 1.4 — Варианты заданий и исходные данные

Вариант	Рисунок	ЭДС, В		R1, Ом	R2, Ом	L, мГн	C, мкФ
		e_1	e_2				
1	4.1	$e_1 = 169\sin \omega t$	$e_2 = 169\sin(\omega t + 90^\circ)$	10	8	19,11	8
2	4.2	$e_1 = 113\sin \omega t$	$e_2 = 127\sin(\omega t - 90^\circ)$	20	20	63,8	79,5
3	4.3	$e_1 = 141\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	25	40	127,6	212
4	4.4	$e_1 = 705\sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 440\sin \omega t$	40	-	79,6	63,6
5	4.5	$e_1 = 536\sin \omega t$	$e_2 = 113\sin(\omega t - 120^\circ)$	30	50	127,6	31,8
6	4.6	$e_1 = 705\sin \omega t$	$e_2 = 536\sin(\omega t + 90^\circ)$	70	80	255	318
7	4.7	$e_1 = 100\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 42\sin \omega t$	10	20	95,6	159
8	4.8	$e_1 = 536\sin \omega t$	$e_2 = 310\sin(\omega t + 90^\circ)$	-	50	319	39,8
9	4.9	$e_1 = 70,5\sin \omega t$	$e_2 = 85\sin(\omega t + 45^\circ)$	8	10	19,11	636
10	4.10	$e_1 = 282\sin \omega t$	$e_2 = 169\sin(\omega t + 60^\circ)$	50	50	159,4	63,6
11	4.11	$e_1 = 70,5\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 113\sin \omega t$	25	40	191,2	79,5
12	4.12	$e_1 = 127\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 127\sin \omega t$	15	-	47,8	106
13	4.13	$e_1 = 282\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 211\sin \omega t$	40	60	63,8	53
14	4.14	$e_1 = 56,4\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 70,5\sin \omega t$	25	50	79,7	63,6
15	4.15	$e_1 = 42,3\sin \omega t$	$e_2 = 100\sin(\omega t + 90^\circ)$	10	20	95,6	159
16	4.16	$e_1 = 141\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 100\sin \omega t$	10	-	25,5	159
17	4.17	$e_1 = 282\sin \omega t$	$e_2 = 211,5\sin(\omega t + 60^\circ)$	50	20	127,6	79,5
18	4.18	$e_1 = 127\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 113\sin \omega t$	20	20	63,8	79,5
19	4.19	$e_1 = 705\sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_2 = 620\sin \omega t$	100	125	319	63,6
20	4.20	$e_1 = 536\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 179\sin \omega t$	50	-	159,4	31,8
21	4.1	$e_1 = 211,5\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	50	20	127,6	79,5
22	4.2	$e_1 = 56,4\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 70,5\sin \omega t$	25	50	79,7	63,6
23	4.3	$e_1 = 197,4\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 141\sin \omega t$	100	200	319	127
24	4.4	$e_1 = 423\sin \omega t$	$e_2 = 282\sin(\omega t + 90^\circ)$	200	-	638	31,8
25	4.5	$e_1 = 310\sin \omega t$	$e_2 = 169\sin(\omega t + 120^\circ)$	20	80	191,2	39,8
26	4.6	$e_1 = 113\sin \omega t$	$e_2 = 100\sin(\omega t - 45^\circ)$	6	10	63,8	398
27	4.7	$e_1 = 705\sin \omega t$	$e_2 = 620\sin(\omega t - 120^\circ)$	100	125	319	63,6
28	4.8	$e_1 = 100\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 84\sin \omega t$	-	10	25,5	159
29	4.9	$e_1 = 169\sin \omega t$	$e_2 = 169\sin(\omega t + 90^\circ)$	40	60	63,8	53
30	4.10	$e_1 = 70,5\sin \omega t$	$e_2 = 113\sin(\omega t + 120^\circ)$	25	50	159,4	127
31	4.11	$e_1 = 310\sin \omega t$	$e_2 = 155\sin(\omega t - 90^\circ)$	20	20	127,6	159
32	4.12	$e_1 = 325\sin \omega t$	$e_2 = 423\sin(\omega t + 30^\circ)$	100	-	191,2	39,8
33	4.13	$e_1 = 169\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 113\sin \omega t$	80	70	31,9	79,5
34	4.14	$e_1 = 127\sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 127\sin \omega t$	20	20	63,8	79,5
35	4.15	$e_1 = 56,4\sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 113\sin \omega t$	10	10	63,8	318
36	4.16	$e_1 = 282\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	20	-	47,8	106
37	4.17	$e_1 = 310\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 179\sin \omega t$	10	8	19,11	318
38	4.18	$e_1 = 705\sin \omega t$	$e_2 = 440\sin(\omega t + 60^\circ)$	100	80	159,4	53
39	4.19	$e_1 = 440\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	50	70	319	106
40	4.20	$e_1 = 310\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	20	-	47,8	127
41	4.1	$e_1 = 197\sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 423\sin \omega t$	20	10	95,6	63,6
42	4.2	$e_1 = 440\sin \omega t$	$e_2 = 705\sin(\omega t + 45^\circ)$	100	80	159,4	53

Продолжение таблицы 1.4

Вариант	Рисунок	ЭДС, В	ЭДС, В	R1, Ом	R2, Ом	L, мГн	C, мкФ
43	4.3	$e_1 = 113 \sin \omega t$	$e_2 = 169 \sin(\omega t - 60^\circ)$	50	40	63,8	31,8
44	4.4	$e_1 = 100 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 127 \sin \omega t$	80	-	127,6	39,8
45	4.5	$e_1 = 282 \sin \omega t$	$e_2 = 169 \sin(\omega t - 90^\circ)$	30	50	31,9	79,5
46	4.6	$e_1 = 179 \sin \omega t$	$e_2 = 127 \sin(\omega t + 60^\circ)$	40	60	159,4	106
47	4.7	$e_1 = 410 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 310 \sin \omega t$	50	70	319	63,6
48	4.8	$e_1 = 310 \sin \omega t$	$e_2 = 282 \sin(\omega t + 60^\circ)$	-	20	47,8	106
49	4.9	$e_1 = 179 \sin \omega t$	$e_2 = 179 \sin(\omega t + 90^\circ)$	80	40	191,2	39,8
50	4.10	$e_1 = 141 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	30	30	95,6	318
51	4.11	$e_1 = 620 \sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 500 \sin \omega t$	100	200	638	31,8
52	4.12	$e_1 = 197 \sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_2 = 211 \sin \omega t$	35	-	31,9	127
53	4.13	$e_1 = 620 \sin(\omega t - 30^\circ)$	$e_2 = 440 \sin \omega t$	100	60	255	31,8
54	4.14	$e_1 = 705 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 440 \sin \omega t$	100	80	159,4	53
55	4.15	$e_1 = 169 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 113 \sin \omega t$	50	40	63,8	31,8
56	4.16	$e_1 = 325 \sin \omega t$	$e_2 = 423 \sin(\omega t + 60^\circ)$	100	-	191,2	39,8
57	4.17	$e_1 = 440 \sin \omega t$	$e_2 = 282 \sin(\omega t - 120^\circ)$	20	10	95,6	63,6
58	4.18	$e_{1,1} = 70,5 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 56,4 \sin \omega t$	25	50	79,7	63,6
59	4.19	$e_1 = 310 \sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 169 \sin \omega t$	40	60	159,4	31,8
60	4.20	$e_1 = 141 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 113 \sin \omega t$	50	-	127,6	79,5
61	4.1	$e_1 = 705 \sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 325 \sin \omega t$	50	60	191,2	159
62	4.2	$e_1 = 84,6 \sin \omega t$	$e_2 = 100 \sin(\omega t - 45^\circ)$	10	6	31,9	398
63	4.3	$e_1 = 70,5 \sin \omega t$	$e_2 = 141 \sin(\omega t - 60^\circ)$	20	40	63,8	79,5
64	4.4	$e_1 = 440 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 100 \sin \omega t$	50	-	127,6	63,6
65	4.5	$e_1 = 705 \sin \omega t$	$e_2 = 620 \sin(\omega t + 90^\circ)$	80	40	191,2	79,5
66	4.6	$e_1 = 620 \sin \omega t$	$e_2 = 536 \sin(\omega t - 90^\circ)$	100	80	255	31,8
67	4.7	$e_1 = 310 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 169 \sin \omega t$	40	60	159,4	318
68	4.8	$e_1 = 282 \sin(\omega t + 180^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	-	50	79,7	63,6
69	4.9	$e_1 = 113 \sin \omega t$	$e_2 = 113 \sin(\omega t + 120^\circ)$	10	20	95,6	127
70	4.10	$e_1 = 211 \sin \omega t$	$e_2 = 197 \sin(\omega t - 90^\circ)$	60	80	255	159
71	4.11	$e_1 = 705 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 440 \sin \omega t$	50	50	255	106
72	4.12	$e_1 = 179 \sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 310 \sin \omega t$	25	-	63,8	79,5
73	4.13	$e_1 = 100 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 70,5 \sin \omega t$	70	50	159,4	63,6
74	4.14	$e_1 = 536 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 620 \sin \omega t$	80	100	255	31,8
75	4.15	$e_1 = 169 \sin \omega t$	$e_2 = 320 \sin(\omega t + 90^\circ)$	40	60	159,4	318
76	4.16	$e_1 = 282 \sin \omega t$	$e_2 = 141 \sin(\omega t + 60^\circ)$	100	-	638	31,8
77	4.17	$e_1 = 211 \sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_2 = 127 \sin \omega t$	40	30	127,6	31,8
78	4.18	$e_1 = 98,7 \sin(\omega t + 120^\circ)$	$e_2 = 42,3 \sin \omega t$	10	6	31,9	398
79	4.19	$e_1 = 282 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	40	127,6	53
80	4.20	$e_1 = 536 \sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_2 = 423 \sin \omega t$	100	-	319	16
81	4.1	$e_1 = 211 \sin \omega t$	$e_2 = 127 \sin(\omega t - 90^\circ)$	40	30	127,6	31,8
82	4.2	$e_1 = 42,3 \sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 98,7 \sin \omega t$	5	3	16	796
83	4.3	$e_1 = 705 \sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 423 \sin \omega t$	100	80	255	106

Продолжение таблицы 1.4

Вариант	Рисунок	ЭДС, В	ЭДС, В	R1, Ом	R2, Ом	L, мГн	C, мкФ
84	4.4	$e_1 = 423 \sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	40	-	159,4	39,8
85	4.5	$e_1 = 310 \sin \omega t$	$e_2 = 141 \sin(\omega t + 90^\circ)$	25	50	79,7	63,6
86	4.6	$e_1 = 141 \sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 169 \sin \omega t$	80	100	319	53
87	4.7	$e_1 = 282 \sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	40	127,6	159
88	4.8	$e_1 = 423 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 211 \sin \omega t$	-	30	95,6	53
89	4.9	$e_1 = 141 \sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	20	20	63,8	79,5
90	4.10	$e_1 = 325 \sin \omega t$	$e_2 = 423 \sin(\omega t + 90^\circ)$	40	25	79,7	159
91	4.11	$e_1 = 100 \sin(\omega t - 120^\circ)$	$e_2 = 160 \sin \omega t$	20	40	63,8	79,5
92	4.12	$e_1 = 310 \sin \omega t$	$e_2 = 310 \sin(\omega t + 90^\circ)$	40	-	127,6	39,8
93	4.13	$e_1 = 536 \sin \omega t$	$e_2 = 705 \sin(\omega t - 90^\circ)$	100	200	638	31,8
94	4.14	$e_1 = 98 \sin \omega t$	$e_2 = 84 \sin(\omega t + 30^\circ)$	5	3	16	796
95	4.15	$e_1 = 423 \sin \omega t$	$e_2 = 705 \sin(\omega t - 90^\circ)$	100	80	255	106
96	4.16	$e_1 = 353 \sin(\omega t + 180^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	40	-	638	63,6
97	4.17	$e_1 = 705 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 564 \sin \omega t$	50	60	191,2	159
98	4.18	$e_1 = 100 \sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 84,6 \sin \omega t$	10	6	31,9	398
99	4.19	$e_1 = 100 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	10	20	95,6	159
100	4.20	$e_1 = 169 \sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 169 \sin \omega t$	20	-	63,8	159
101	4.1	$e_1 = 310 \sin \omega t$	$e_2 = 141 \sin(\omega t - 30^\circ)$	20	40	111	91
102	4.2	$e_1 = 310 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	30	50	127	63,7
103	4.3	$e_1 = 141 \sin \omega t$	$e_2 = 282 \sin(\omega t - 45^\circ)$	20	60	159	159
104	4.4	$e_1 = 210 \sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	30	-	63,7	63,7
105	4.5	$e_1 = 141 \sin \omega t$	$e_2 = 282 \sin(\omega t - 90^\circ)$	80	100	318	31,8
106	4.6	$e_1 = 536 \sin \omega t$	$e_2 = 282 \sin(\omega t + 30^\circ)$	100	200	159	63,7
107	4.7	$e_1 = 141 \sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 310 \sin \omega t$	50	80	95,5	106
108	4.8	$e_1 = 282 \sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	-	60	159	63,7
109	4.9	$e_1 = 536 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 310 \sin \omega t$	100	100	318	31,8
110	4.10	$e_1 = 141 \sin(\omega t - 30^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	40	127	79,6
111	4.11	$e_1 = 536 \sin \omega t$	$e_2 = 310 \sin(\omega t + 30^\circ)$	80	100	255	39,8
112	4.12	$e_1 = 141 \sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 210 \sin \omega t$	60	-	111	106
113	4.13	$e_1 = 310 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	50	159	63,7
114	4.14	$e_1 = 141 \sin(\omega t - 30^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	80	40	127	79,6
115	4.15	$e_1 = 563 \sin \omega t$	$e_2 = 282 \sin(\omega t - 90^\circ)$	10	100	255	39,8
116	4.16	$e_1 = 310 \sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	-	127	63,7
117	4.17	$e_1 = 310 \sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	60	30	63,7	63,7
118	4.18	$e_1 = 141 \sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	50	159	63,7
119	4.19	$e_1 = 282 \sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 210 \sin(\omega t + 60^\circ)$	60	30	95,5	91
120	4.20	$e_1 = 310 \sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	50	-	318	70,7
121	4.1	$e_1 = 141 \sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 310 \sin \omega t$	80	60	159	91
122	4.2	$e_1 = 282 \sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	40	30	63,7	106
123	4.3	$e_1 = 141 \sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	80	80	255	39,8
124	4.4	$e_1 = 536 \sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 141 \sin \omega t$	50	-	159	63,7
125	4.5	$e_1 = 141 \sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 282 \sin \omega t$	60	40	127	79,6

Окончание таблицы 1.4

Вариант	Рисунок	ЭДС, В	ЭДС, В	R1, Ом	R2, Ом	L, мГн	C, мкФ
126	4.6	$e_1 = 282\sin(\omega t - 90^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	100	120	255	39,8
127	4.7	$e_1 = 310\sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	50	80	127	106
128	4.8	$e_1 = 536\sin \omega t$	$e_2 = 310\sin(\omega t + 45^\circ)$	-	60	111	127
129	4.9	$e_1 = 141\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	50	50	159	63,7
130	4.10	$e_1 = 282\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 141\sin(\omega t - 90^\circ)$	60	80	255	39,8
131	4.11	$e_1 = 310\sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	100	100	318	31,8
132	4.12	$e_1 = 141\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	80	-	127	79,6
133	4.13	$e_1 = 282\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 141\sin(\omega t - 90^\circ)$	50	80	159	63,7
134	4.14	$e_1 = 141\sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	60	40	255	31,8
135	4.15	$e_1 = 282\sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 141\sin \omega t$	50	50	159	63,7
136	4.16	$e_1 = 310\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 282\sin(\omega t - 90^\circ)$	40	-	127	63,7
137	4.17	$e_1 = 536\sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	100	100	318	31,8
138	4.18	$e_1 = 141\sin(\omega t + 45^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	80	40	95,5	39,8
139	4.19	$e_1 = 282\sin(\omega t - 45^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	60	40	127	79,6
140	4.20	$e_1 = 141\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	40	-	159	63,7
141	4.1	$e_1 = 282\sin(\omega t - 30^\circ)$	$e_2 = 141\sin(\omega t - 90^\circ)$	50	200	318	79,6
142	4.2	$e_1 = 536\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	80	100	127	63,7
143	4.3	$e_1 = 310\sin \omega t$	$e_2 = 141\sin(\omega t - 60^\circ)$	90	40	159	31,8
144	4.4	$e_1 = 141\sin \omega t$	$e_2 = 282\sin(\omega t + 45^\circ)$	40	-	255	39,8
145	4.5	$e_1 = 310\sin \omega t$	$e_2 = 141\sin(\omega t + 60^\circ)$	40	80	159	63,7
146	4.6	$e_1 = 282\sin(\omega t + 30^\circ)$	$e_2 = 310\sin \omega t$	70	50	191	53,1
147	4.7	$e_1 = 536\sin(\omega t - 60^\circ)$	$e_2 = 141\sin(\omega t + 90^\circ)$	100	100	318	31,8
148	4.8	$e_1 = 141\sin \omega t$	$e_2 = 282\sin(\omega t + 60^\circ)$	-	40	191	63,7
149	4.9	$e_1 = 141\sin(\omega t + 90^\circ)$	$e_2 = 141\sin(\omega t - 90^\circ)$	80	60	255	69,8
150	4.10	$e_1 = 310\sin(\omega t + 60^\circ)$	$e_2 = 282\sin \omega t$	60	50	127	63,7

Варианты схем к заданию 1.4

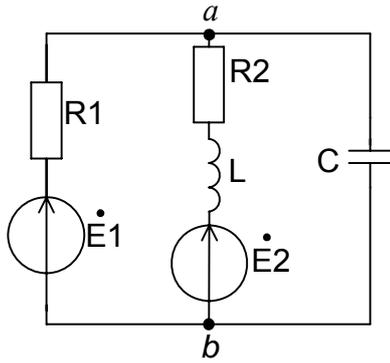


Рисунок 4.1

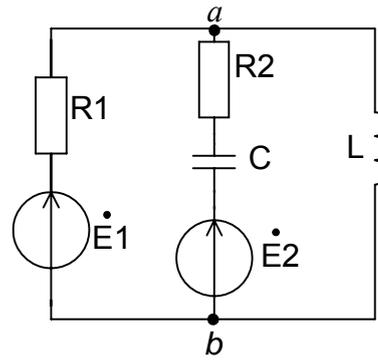


Рисунок 4.2

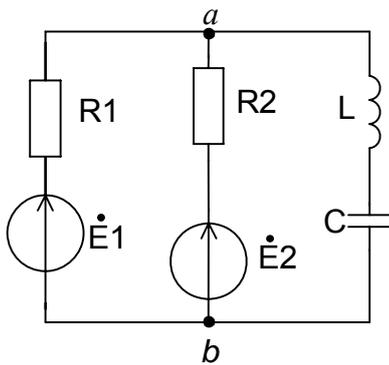


Рисунок 4.3

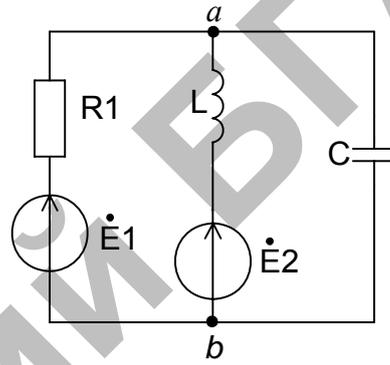


Рисунок 4.4

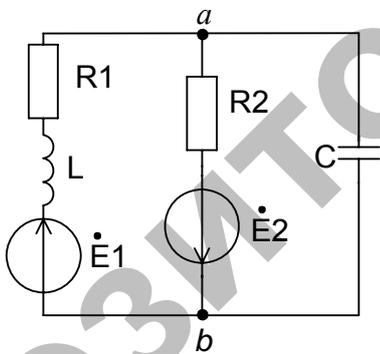


Рисунок 4.5

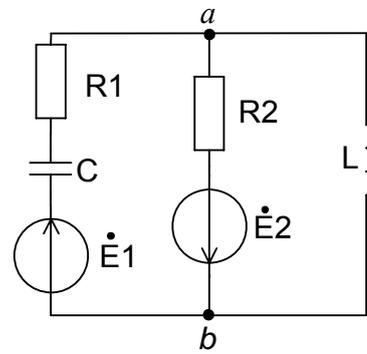


Рисунок 4.6

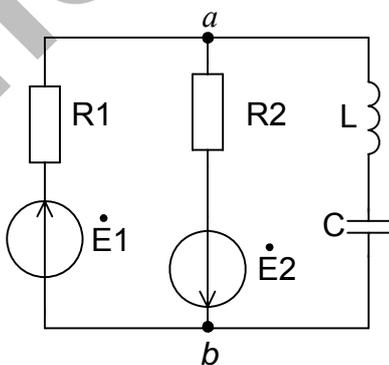


Рисунок 4.7

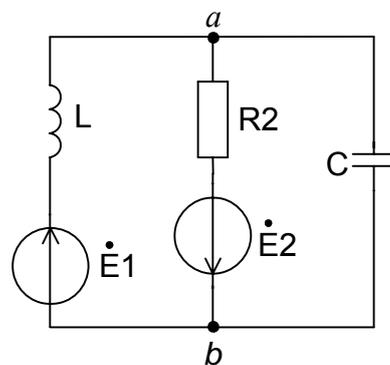


Рисунок 4.8

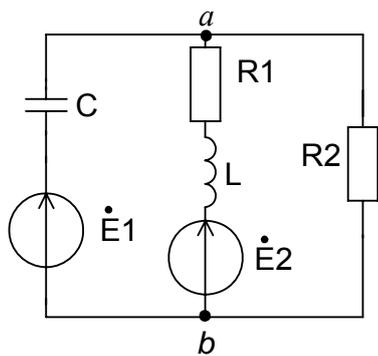


Рисунок 4.9

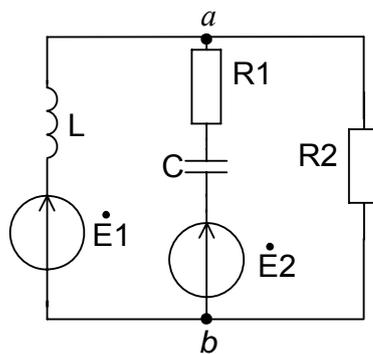


Рисунок 4.10

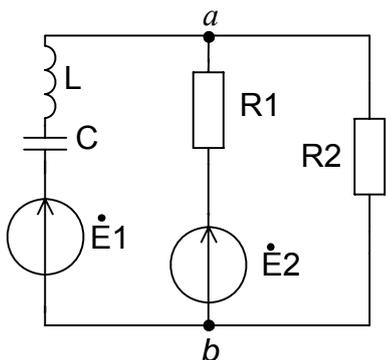


Рисунок 4.11

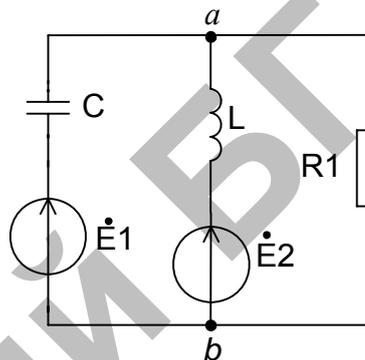


Рисунок 4.12

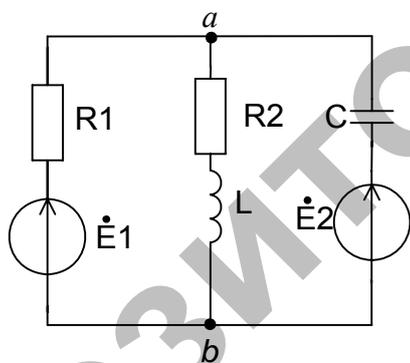


Рисунок 4.13

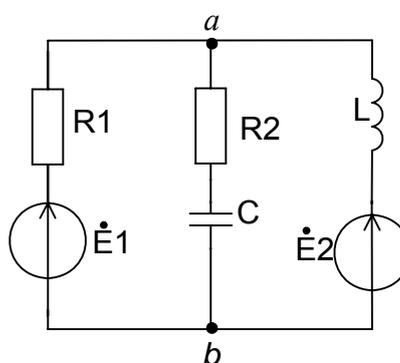


Рисунок 4.14

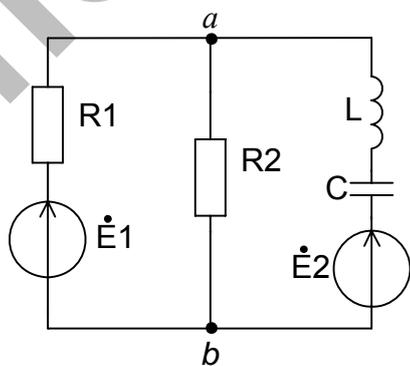


Рисунок 4.15

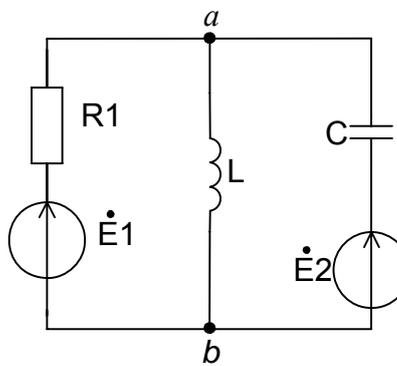


Рисунок 4.16

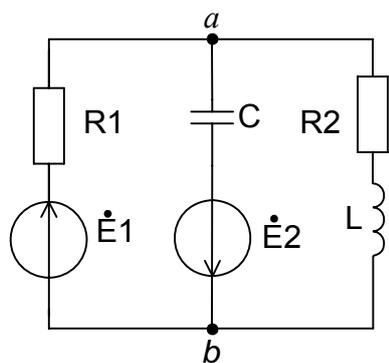


Рисунок 4.17

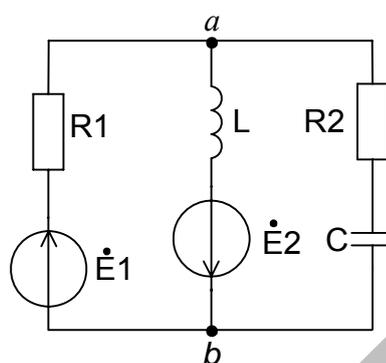


Рисунок 4.18

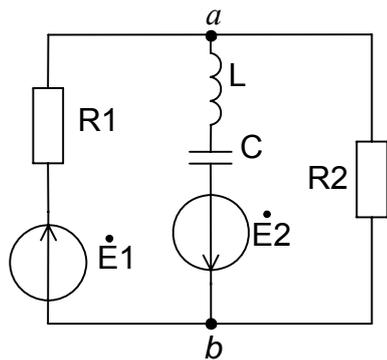


Рисунок 4.19

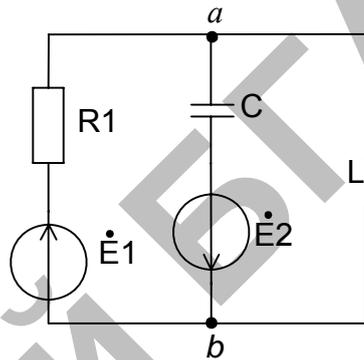


Рисунок 4.20

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи /Л. А. Бессонов. — Москва : Гардарики, 2007. — 704 с.

2. Теоретические основы электротехники: учебно-методический комплекс для студентов вузов: в 3 ч. Ч.1./ БГАТУ, Кафедра электротехники; сост.: А.В. Крутов, Э.Л. Кочетова, Т.Ф. Гузанова. — Минск: БГАТУ, 2008.— 353 с.

3. Теоретические основы электротехники: курс лекций : в 2 ч. Ч. 1.: Линейные электрические цепи/ БГАТУ, Кафедра электротехники; сост.: В.С. Корко [и др.] — Минск : БГАТУ, 2002. — 170 с.

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра электротехники

Пояснительная записка
к расчетно-графическому заданию

1.1 Расчет электрической цепи постоянного тока
со смешанным соединением приемников

Выполнил: студент 30 э группы
факультета АЭ
Иванов В.А.

Проверил: доцент, к.т.н.
Петров Б.А.

МИНСК 2010

Номер варианта 125. Фамилия Иванов В.А.

Задача 1.1

Дано: $E = 18 \text{ В}$; $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = 9 \text{ Ом}$; $R_3 = 2 \text{ Ом}$;

$R_4 = 5 \text{ Ом}$; $R_5 = 4 \text{ Ом}$; $R_6 = 5 \text{ Ом}$.

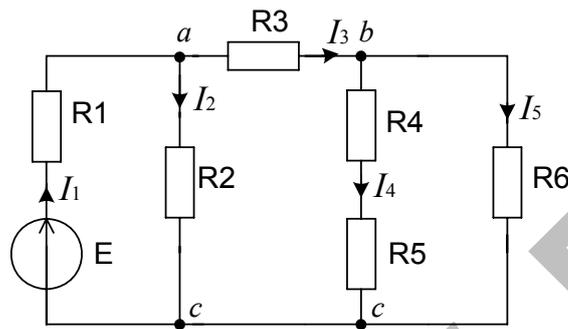


Рисунок 1. Электрическая цепь со смешанным соединением приемников

Требуется рассчитать токи во всех ветвях цепи, используя эквивалентные преобразования схемы электрической цепи. При определении $R_{\text{экв}}$ привести схемы промежуточных преобразований. Составить баланс мощностей, вычислив мощность источника и суммарную мощность приемников.

Расчет

Обозначаем на схеме электрической цепи узлы и указываем направления токов в ветвях по направлению ЭДС.

Определяем эквивалентное сопротивление цепи относительно источника ЭДС.

Сопротивления R_4 и R_5 соединены последовательно:

$$R_{45} = R_4 + R_5 = 5 + 4 = 9 \text{ Ом.}$$

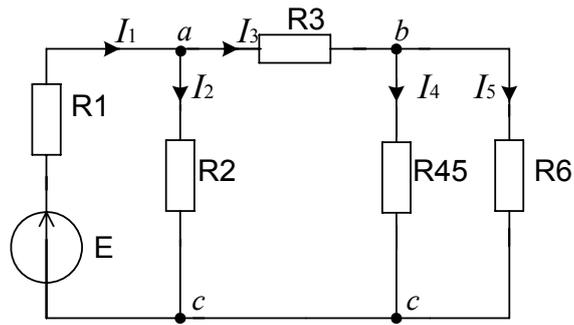


Рисунок 2

Сопротивления R_{45} и R_6 соединены параллельно:

$$R_{456} = \frac{R_{45}R_6}{R_{45} + R_6} = \frac{9 \times 3}{9 + 3} = 2,25 \text{ Ом и т.д.}$$

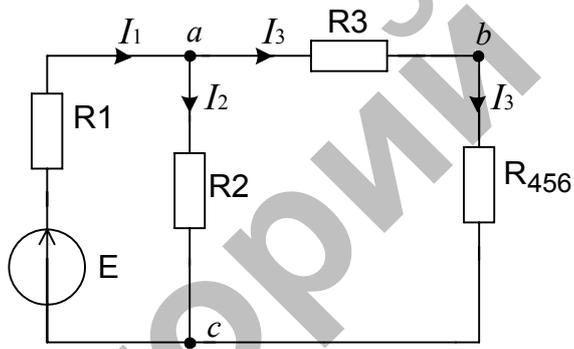


Рисунок 3

**Методика использования калькуляторов для выполнения
расчетов с комплексными числами**

Подготовка: включение калькулятора – ON/C. Клавишей DRG устанавливаются угловую единицу DEG (градусы). Вход в программу расчета: клавиши 2ndF и \leftrightarrow (cplx)

Примеры вычислений

Деление комплексного числа на комплексное число:

Пример 1

$$\frac{40 - j10}{5 - j5} = 5 + j3.$$

Порядок действий: 40 10 ÷ 5 5 = — просмотр результата.

Клавиша дает величину вещественной части, клавиша — величину мнимой части комплексного числа.

Пример 2

$$\frac{40 - j10}{j4} = -2,5 - j10.$$

Порядок действий: 40 10 ÷ 4 = — просмотр результата.

Умножение, сложение и вычитание производят аналогично.

Переход от алгебраической формы комплексного числа к показательной:

Пример:

$$-110 - j190 = 220e^{-j120^\circ}.$$

Порядок действий: 110 $\boxed{+/-}$ \boxed{a} 190 $\boxed{+/-}$ \boxed{b} 2ndF \boxed{a} .

Просмотр результата: клавиша \boxed{a} дает модуль комплексного числа, клавиша \boxed{b} — аргумент в градусах.

Переход от показательной формы комплексного числа к алгебраической:

Пример:

$$220e^{j120^\circ} = -110 + j190.$$

Порядок действий: 220 \boxed{a} 120 \boxed{b} 2ndF \boxed{b} .

Просмотр результата: \boxed{a} и \boxed{b} .

Комплексные числа

Комплексное число, соответствующее точке, в которой лежит конец вектора \dot{A} (рисунок 1), может быть записано в следующих формах:

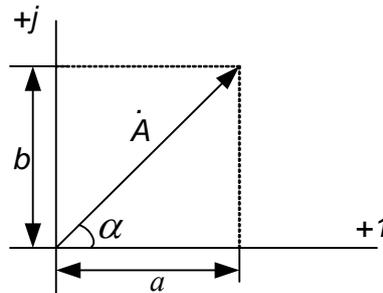


Рисунок 1

$$\dot{A} = a + jb \text{ — алгебраической;}$$

$$\dot{A} = A(\cos \alpha + j \sin \alpha) \text{ — тригонометрической;}$$

$$\dot{A} = Ae^{j\alpha} \text{ — показательной;}$$

$$\dot{A} = A \angle \alpha \text{ — полярной.}$$

Здесь $a = A \cos \alpha$ — действительная часть комплексного числа, A ;

$jb = jA \sin \alpha$ — мнимая часть комплексного числа;

$j = \sqrt{-1}$ — мнимая единица;

$A = |\dot{A}| = \sqrt{a^2 + b^2}$ — модуль комплексного числа;

$\alpha = \arctg \frac{b}{a}$ — угол (или аргумент) комплексного числа.

Комплексное число $\dot{A}^* = a - jb = Ae^{-j\alpha}$ — называется сопряженным комплексному числу $\dot{A} = a + jb = Ae^{j\alpha}$. Произведение комплексно-сопряженных чисел — число вещественное, равное квадрату их модуля:

$$\dot{A}A^* = Ae^{j\alpha} Ae^{-j\alpha} = A^2.$$

$e^{j\varphi}$ — оператор поворота на угол φ .

Умножение комплексного числа \dot{A} на число $e^{j\varphi}$ сводится к повороту вектора \dot{A} в комплексной плоскости на угол φ :

$$\dot{A}e^{j\varphi} = Ae^{j\alpha} e^{j\varphi} = Ae^{j(\alpha + \varphi)}$$

$\varphi > 0$ — поворот против часовой стрелки.

$\varphi < 0$ — поворот по часовой стрелке.

Действия над комплексными числами

Вычисления над комплексными числами производятся так же, как и над обыкновенными двучленами, полагая $j = \sqrt{-1}$, $j^2 = -1$.

При делении одного комплексного числа на другое, записанных в алгебраической форме, уничтожают мнимость в знаменателе, для чего умножают числитель и знаменатель на число, сопряженное знаменателю:

$$\frac{a + jb}{c + jd} = \frac{(a + jb)(c - jd)}{(c + jd)(c - jd)} = \frac{ac - jad + jbc + bd}{c^2 + d^2} = \frac{ac + bd}{c^2 + d^2} + j \frac{bc - ad}{c^2 + d^2}.$$

Возведение в степень $\dot{A}^n = (Ae^{j\alpha})^n = A^n e^{jn\alpha}$.

Извлечение корня:

$$\sqrt[n]{\dot{A}} = \sqrt[n]{Ae^{j\alpha}} = \sqrt[n]{A} e^{j \frac{\alpha + 2k\pi}{n}},$$

где k — целое число.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

*Методические указания
по выполнению расчетно-графических заданий*

В трех частях

Часть 1

Составители:

Крутов Анатолий Викторович,
Кочетова Эмма Леонидовна,
Гузанова Татьяна Федоровна

Ответственный за выпуск *Л.А. Гмырак*
Компьютерная верстка *С.В. Каленчик*

Подписано в печать 02.01.2010 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,18. Тираж 200 экз. Заказ 24.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».

ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006.

ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.

Пр. Независимости, 99-2, 220023, Минск

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

*Методические указания
по выполнению расчетно-графических заданий*

В трех частях

Часть 1

**Минск
БГАТУ
2010**