

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Свердловской области Ирбитский аграрный техникум

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

для студентов II курса заочной формы обучения специальности 35.02.08  
«Электротехнические системы в АПК»

Зайково  
2023

Учебно-методический комплекс дисциплины «Основы электротехники». Зайково, ГАПОУ СО «Электротехнические системы в АПК», 2017. 56 с.

Учебно-методический комплекс составлен в полном соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 35.02.08 Электротехнические системы в АПК

Автор: Преподаватель  
первой к.к.

С.М. Мухин

Рецензенты:

Одобен на заседании предметно-цикловой комиссии.

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Председатель комиссии

Аверкиева Е.Н.

5.2. *Задания к контрольной работе по дисциплине и методические указания к их выполнению*

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

**Задача 1.1.** Определите заряд, энергию электрического поля каждого конденсатора, эквивалентную емкость цепи, энергию, потребляемую цепью. Данные для решения задачи указаны в табл. 1.1. В общем виде, в логической последовательности покажите, как изменится энергия электрического поля всей цепи при изменении емкости, указанной в табл. 1.1.

1.1. Данные к задаче 1.1.

Номер варианта	Номер рисунка, схемы	Задаваемые величины						
		U, кВ	C <sub>1</sub> , мкФ	C <sub>2</sub> , мкФ	C <sub>3</sub> , мкФ	C <sub>4</sub> , мкФ	C <sub>5</sub> , мкФ	C <sub>6</sub> , мкФ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
00, 50	1.1.1	1	10↑	20	30	40	50	60
01, 51	1.1.2	10	20	30↑	40	50	60	10
02, 52	1.1.3	9	30	40	50↑	60	10	20
03, 53	1.1.4	8	40	50	60	40↑	20	30
04, 54	1.1.5	7	50	60	10	20	30↑	40
05, 55	1.1.1	2	60	10	20	30	40	50↑
06, 56	1.1.2	9	10↑	20	30	40	50	60
07, 57	1.1.3	8	20	30↑	40	50	60	10
08, 58	1.1.4	7	30	40	50↑	60	10	20
09, 59	1.1.5	6	40	50	60	10↑	20	30
10, 60	1.1.1	3	50	60	10	20	30↑	40
11, 61	1.1.2	8	60	10	20	30	40	50↑
12, 62	1.1.3	7	10↓	20	30	40	50	60
13, 63	1.1.4	6	20	30↓	40	50	60	70
14, 64	1.1.5	5	30	40	50↓	60	10	20
15, 65	1.1.1	4	40	50	60	10↓	20	30
16, 66	1.1.2	7	50	60	10	20	30↓	40
17, 67	1.1.3	6	60	10	20	30	40	50↓
18, 68	1.1.4	5	10↓	20	30	40	50	60
19, 69	1.1.5	4	20	30↓	40	50	60	10
20, 70	1.1.1	5	30	40	50↓	60	10	20
21, 71	1.1.2	6	40	50	60	10↓	20	30
22, 72	1.1.3	5	50	60	10	20	30↓	40
23, 73	1.1.4	4	60	10	20	30	40	50↓

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24, 74	1.1.5	3	10↓	20	30	40	50	60
25, 75	1.1.1	6	20	30↓	40	50	60	10
26, 76	1.1.2	5	30	40	50↓	60	10	20
27, 77	1.1.3	4	40	50	60	10↓	20	30
28, 78	1.1.4	3	50	60	70	20	30↓	40
29, 79	1.1.5	2	60	10	20	30	40	50↓
30, 80	1.1.1	7	10↓	20	30	40	50	60
31, 81	1.1.2	4	20	30↓	40	50	60	10
32, 82	1.1.3	3	30	40	50↓	60	10	20
33, 83	1.1.4	2	40	50	60	10↓	20	30
34, 84	1.1.5	1	50	60	10	20	30↓	40
35, 85	1.1.1	8	60	10	20	30	40	50↓
36, 86	1.1.2	3	10↓	20	30	40	50	60
37, 87	1.1.3	2	20	30↓	40	50	60	10
38, 88	1.1.4	1	30	40	10↓	60	10	20
39, 89	1.1.5	2	40	50	60	10↓	20	30
40, 90	1.1.1	9	50	60	10	20	30↓	40
41, 91	1.1.2	2	60	10	20	30	40	50↓
42, 92	1.1.3	1	10↓	20	30	40	50	60
43, 93	1.1.4	9	20	30↓	40	50	60	10
44, 94	1.1.5	1	30	40	50↓	60	10	20
45, 95	1.1.1	10	40	50	60	10↓	20	30
46, 96	1.1.2	1	50	60	10	20	30↓	40
47, 97	1.1.3	10	60	10	20	30	40	50↓
48, 98	1.1.4	2	10↓	20	30	40	50	60
49, 99	1.1.5	3	20	30↓	40	50	60	70

**Примечание.** В таблице к задаче 1.1 условное обозначение «↓» означает, что данная емкость увеличивается, а «↑» — означает, что данная емкость уменьшается.

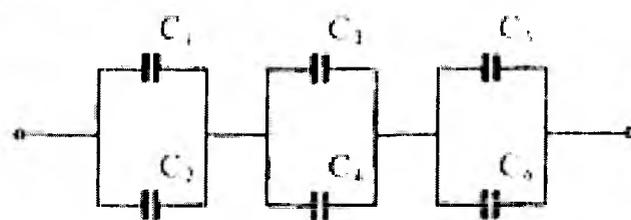


Рис. 1.1.1

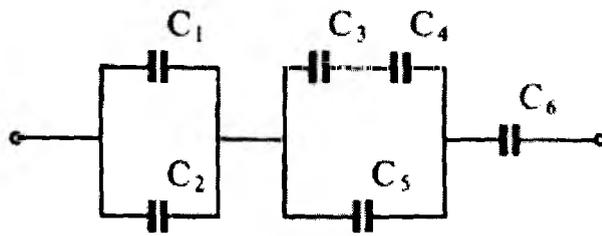


Рис. 1.1.2

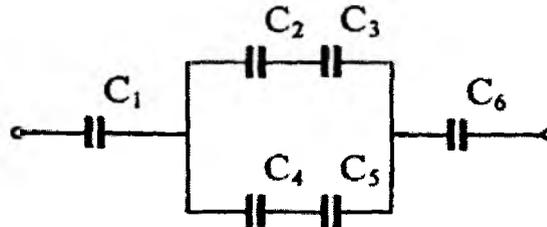


Рис. 1.1.3

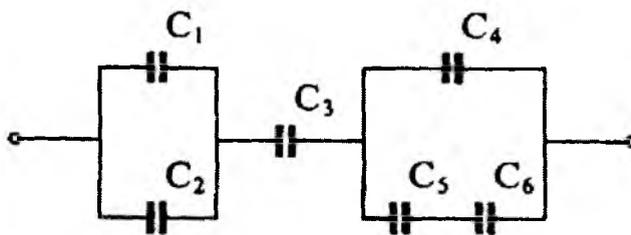


Рис. 1.1.4

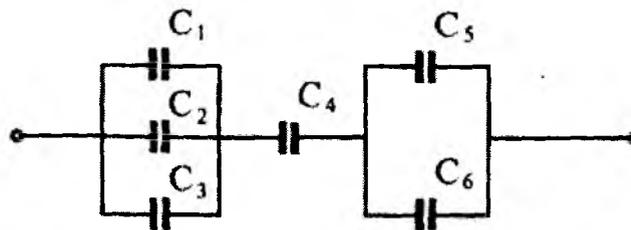


Рис. 1.1.5

**Задача 1.2.** Для электрической цепи, изображенной на рис. 1.2, нарисуйте схему в удобном для расчета виде.

1. Определите: а) эквивалентное сопротивление цепи; б) токи в каждом сопротивлении и всей цепи; в) падение напряжения на каждом сопротивлении; г) мощность всей цепи; д) энергию, потребляемую за 10 часов.

2. В общем виде в логической последовательности покажите, как изменится ток при изменении указанного в таблице сопротивления. Данные для решения задачи указаны в табл. 1.2.

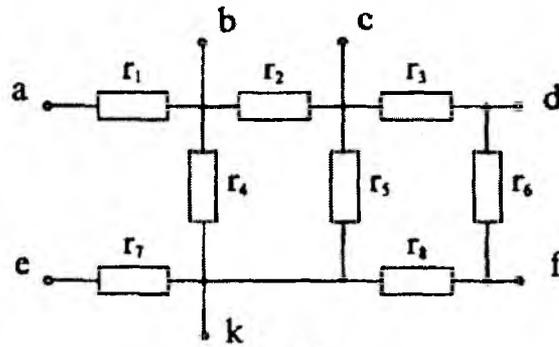


Рис. 1.2

Данные к задаче 1.2

Номер варианта	Точки приложенного напряжения	Задаваемые величины								
		U, В	$r_1$ , Ом	$r_2$ , Ом	$r_3$ , Ом	$r_4$ , Ом	$r_5$ , Ом	$r_6$ , Ом	$r_7$ , Ом	$r_8$ , Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00, 50	a-e	12	4↑	3	2	6	6	2	5	2
01, 51	b-c	10	-	2↑	3	6	4	6	-	5
02, 52	d-f	36	-	4	3↑	2	5	4	-	2
03, 53	c-d	150	-	2	3	4↑	5	6	-	8
04, 54	k-f	48	-	3	4	5	6↑	7	-	1
05, 55	b-k	120	-	4	5	6	7	8↑	-	2
06, 56	c-k	15	-	5	6	7	8↑	1	-	3
07, 57	a-k	24	5	6	7	8	1	2	-	4↑
08, 58	e-b	110	-	7↓	8	1	2	3	4	5
09, 59	f-d	200	-	8↓	1	2	3	4	-	6
10, 60	b-c	12	-	10	4↓	4	12	4	-	4
11, 61	d-f	10	-	4	4	10↓	4	12	-	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12, 62	c-d	36	-	12	4	44	10↓	4	-	4
13, 63	k-f	150	-	4	4	12	4	10↓	-	6
14, 64	b-k	48	-	10	2	6	2	5↓	-	3
15, 65	c-k	120	-	15↑	7	4	8	2	-	4
16, 66	a-k	15	4	2	10↑	4	3	1	-	1
17, 67	e-b	24	-	2	5	5↑	4	2	-	2
18, 68	f-d	110	-	12	6	6	3↑	4	-	3
19, 69	a-e	200	6	15	7	7	6	8↑	4	1
20, 70	b-c	36	-	12↓	12	12	24	36	-	12↑
21, 71	d-f	48	-	6↓	6↓	6	12	18	-	6
22, 72	c-d	60	-	3	3↓	3	6	8	-	4
23, 73	k-f	90	-	24	24	24↓	48	72	-	8
24, 74	b-k	120	-	12	18	9	24↓	36	-	6
25, 75	c-k	150	-	16	16	16	32	32↓	-	18
26, 76	a-k	180	6	20	20	20	40	40	-	9↓
27, 77	e-b	210	-	25↑	25	25	50	50	30	10
28, 78	f-d	240	-	30	30↑	30	60	60	-	20
29, 79	b-c	24	-	10	10	10↑	6	6	-	4
30, 80	d-f	12	-	36	150	36	72↑	100	-	14
31, 81	c-d	24	-	72	300	72	144	200↑	-	28
32, 82	k-f	36	-	18	75	18	72	100	-	14↑
33, 83	b-k	48	-	12	12↓	12	24	24	-	12
34, 84	c-k	60	-	6↓	6	12	12	6	-	6
35, 85	a-k	72	4	12	12↓	6	6	12	-	1
36, 86	e-b	84	-	24	24	12↓	12	24	6	24
37, 87	f-d	96	-	12	24	36	18↓	12	-	18
38, 88	a-e	108	12	24	36	12	6	24↓	6	12
39, 89	b-c	120	-	36	24	12	6	36	-	24↓

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40, 90	a-e	48	8	6↓	12	6	12	30	4	48
41, 91	b-e	60	-	8	14↓	8	14	40	-	50
42, 92	d-f	72	-	10	16	10↓	16	40	-	50
43, 93	e-d	84	-	12	16	12	16↓	50	-	40
44, 94	k-f	96	-	16	12	16	12↓	60	-	60
45, 95	b-k	108	-	20	24	20	16	50	-	50↓
46, 96	c-k	120	-	25↓	24	25	24	25	-	25
47, 97	a-k	136	2	4	6↓	4	6	4	-	6
48, 98	e-b	124	-	6	4	6↓	4	6	4	4
49, 99	f-d	12	-	2	4	2	4↓	2	-	4

**Задача 1.3.** Для электрической схемы, изображенной на рис. 1.3, по указанным в таблице параметрам выполните следующее задание:

1. Изобразите схему для своего варианта в удобном для расчета виде.
2. Составьте на основании закона Кирхгофа систему необходимых уравнений для расчетов токов во всех ветвях схемы и определите их.
3. Определите токи в ветвях, пользуясь любым другим методом расчета.
4. Постройте потенциальную диаграмму для любого контура.
5. Определите мощности источников, приемников электрической энергии и мощности потерь внутри источников.
6. Составьте баланс мощностей.
7. В общем виде и логической последовательности покажите, как изменится потеря мощности внутри источника при изменении указанного сопротивления.

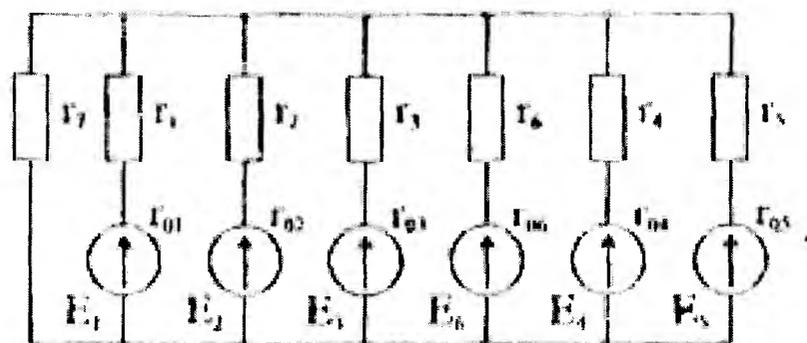


Рис. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40, 90	a-e	48	8	6↓	12	6	12	30	4	48
41, 91	b-e	60	-	8	14↓	8	14	40	-	50
42, 92	d-f	72	-	10	16	10↓	16	40	-	50
43, 93	e-d	84	-	12	16	12	16↓	50	-	40
44, 94	k-l	96	-	16	12	16	12↓	60	-	60
45, 95	b-k	108	-	20	24	20	16	50	-	50↓
46, 96	e-k	120	-	25↓	24	25	24	25	-	25
47, 97	a-k	136	2	4	6↓	4	6	4	-	6
48, 98	e-b	124	-	6	4	6↓	4	6	4	4
49, 99	f-d	12	-	2	4	2	4↓	2	-	4

**Задача 1.3.** Для электрической схемы, изображенной на рис. 1.3, по указанным в таблице параметрам выполните следующее задание:

1. Изобразите схему для своего варианта в удобном для расчета виде.
2. Составьте на основании закона Кирхгофа систему необходимых уравнений для расчетов токов во всех ветвях схемы и определите их.
3. Определите токи в ветвях, пользуясь любым другим методом расчета.
4. Постройте потенциальную диаграмму для любого контура.
5. Определите мощности источников, приемников электрической энергии и мощности потерь внутри источников.
6. Составьте баланс мощностей.
7. В общем виде и логической последовательности покажите, как изменится потеря мощности внутри источника при изменении указанного сопротивления.

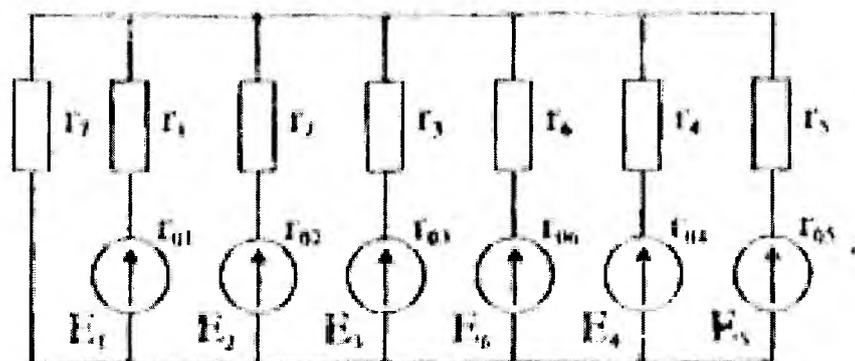


Рис. 1.3

1.3. Данные к задаче 1.3

Номера вариантов	Заданные величины																		
	E <sub>1</sub> В	E <sub>2</sub> В	E <sub>3</sub> В	E <sub>4</sub> В	E <sub>5</sub> В	E <sub>6</sub> В	R <sub>01</sub> Ом	R <sub>02</sub> Ом	R <sub>03</sub> Ом	R <sub>04</sub> Ом	R <sub>05</sub> Ом	R <sub>06</sub> Ом	R <sub>1</sub> Ом	R <sub>2</sub> Ом	R <sub>3</sub> Ом	R <sub>4</sub> Ом	R <sub>5</sub> Ом	R <sub>6</sub> Ом	R <sub>7</sub> Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
00, 50	90	60	-	-	-	-	0,1	0,2	-	-	-	-	9,9	9,8↑	-	-	-	-	10
01, 51	-	70	50	-	-	-	-	0,3	0,2	-	-	-	-	9,7	9,8↑	-	-	-	10
02, 52	-	-	60	03	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	-	-	9,6↑	9,6	-	-	10
03, 53	60	-	90	-	-	-	0,1	-	0,3	-	-	-	9,9	-	9,7↑	-	-	-	10
04, 54	70	-	-	80	-	-	0,4	-	-	0,5	-	-	9,6	-	-	9,5↓	-	-	10
05, 55	-	90	-	60	-	-	-	0,3	-	0,3	-	-	-	9,7↑	-	9,7	-	-	10
06, 56	80	-	-	-	130	-	0,2	-	-	-	0,1	-	9,8↑	-	-	-	9,9	-	10
07, 57	-	90	-	-	60	-	-	0,1	-	-	0,2	-	-	9,9↑	-	-	9,8	-	10
08, 58	-	-	120	-	90	-	-	-	-	0,1	-	0,3	-	-	9,9↑	-	9,7	-	10
09, 59	-	-	-	110	100	-	-	-	-	0,1	0,4	-	-	-	-	9,9↑	9,6	-	10
10, 60	100	-	-	-	-	50	0,1	-	-	-	-	0,2	9,9	-	-	-	-	9,8↑	10
11, 61	110	-	-	-	-	60	0,2	-	-	-	-	0,1	9,8	-	-	-	-	9,9↓	10
12, 62	-	120	-	-	-	70	-	0,3	-	-	-	0,3	-	9,7↓	-	-	-	9,7	10
13, 63	-	-	50	-	-	40	-	-	0,2	-	-	0,2	-	9,8	-	-	-	9,8↓	10
14, 64	-	-	-	40	-	50	-	-	-	0,4	-	0,3	-	-	-	9,6↓	-	9,7	10
15, 65	-	-	-	-	70	20	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-	9,5↓	9,5	10
16, 66	100	-	-	50	-	-	0,1	-	-	0,1	-	-	9,9↑	-	-	9,9	-	-	10
17, 67	120	-	-	-	100	-	0,2	-	-	-	0,2	-	-	9,8	-	-	9,8↑	-	10
18, 68	-	100	-	-	50	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-	9,7	-	-	-	9,7↑	10
19, 69	-	-	120	-	60	-	-	-	0,5	-	0,4	-	-	-	9,5	-	9,6↑	-	10
20, 70	20	-	-	120	-	-	0,3	-	-	0,4	-	-	9,7	-	-	9,6↑	-	-	10
21, 71	-	40	-	-	100	-	-	0,2	-	-	0,2	-	-	9,8↓	-	-	9,8	-	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22, 72	-	-	70	-	-	90	-	-	0,1	-	-	0,1	-	-	9,9↓	-	-	9,9	10
23, 73	80	-	-	50	-	-	0,5	-	-	0,3	-	-	9,5	-	-	9,7↓	-	-	10
24, 74	-	70	-	-	40	-	-	0,3	-	-	0,1	-	-	9,7	-	-	9,9↓	-	10
25, 75	-	-	60	-	-	30	-	-	0,2	-	-	0,4	-	-	9,8	-	-	9,6↓	10
26, 76	-	-	-	50	-	20	-	-	-	0,4	-	0,2	-	-	-	9,6	-	9,8↑	10
27, 77	-	100	50	-	-	-	-	0,2	0,3	-	-	-	-	9,8*	9,7	-	-	-	10
28, 78	-	120	-	50	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	9,5	-	9,9*	-	-	10
29, 79	-	-	80	-	20	-	-	-	0,2	-	0,2	-	-	-	9,8↑	-	9,8	-	10
30, 80	120	20	50	-	-	-	0,1	0,3	0,2	-	-	-	9,9	9,7↑	9,8	-	-	-	-
31, 81	-	110	30	40	-	-	-	0,1	0,2	0,2	-	-	-	9,9	9,8↑	9,8	-	-	-
32, 82	-	-	100	50	70	-	-	-	0,2	0,3	0,4	-	-	-	9,8	9,7↑	9,6	-	-
33, 83	-	-	-	100	30	80	-	-	-	0,1	0,2	0,3	-	-	-	9,9↓	9,8	9,7	-
34, 84	110	-	30	-	-	50	0,2	-	0,3	-	-	0,5	9,8	-	9,7	-	-	0,5	-
35, 85	-	100	-	40	-	60	-	0,2	-	0,4	-	0,3	-	9,8↓	-	9,6	-	0,7	-
36, 86	90	-	20	-	80	-	0,1	-	0,2	-	0,3	-	9,9	-	9,8↓	-	9,7	-	-
37, 87	-	60	-	50	-	100	-	0,3	-	0,4	-	0,5	-	9,7	-	9,6↓	-	9,5	-
38, 88	-	-	60	20	40	-	-	-	0,3	0,2	0,1	-	-	9,7	-	9,8	9,9↓	-	-
39, 89	100	-	-	30	-	80	0,4	-	-	0,3	-	0,2	9,6	-	-	9,7	-	9,8↓	-
40, 90	-	80	20	-	60	-	-	0,7	0,6	-	0,5	-	-	9,3*	9,4	-	9,5	-	-
41, 91	-	90	-	100	-	30	-	0,2	-	0,3	-	0,4	-	9,8	-	9,7*	-	9,6	-
42, 92	120	-	60	-	20	-	0,7	-	0,6	-	0,5	-	9,3	-	9,4	-	9,5*	-	-
43, 93	-	120	-	30	-	10	-	0,3	-	0,4	-	0,5	-	9,7	-	9,6	-	9,5*	-
44, 94	60	-	30	-	20	-	0,6	-	0,5	-	0,4	-	9,4	-	9,5*	-	9,6	-	-
45, 95	40	-	-	-	30	70	0,4	-	-	-	0,5	0,6	9,6	-	-	-	9,5*	9,4	-
46, 96	-	80	60	20	-	-	-	0,2	0,3	0,4	-	-	9,3↓	9,7	9,6	-	-	-	-
47, 97	-	-	-	70	60	50	-	-	-	0,7	0,6	0,5	-	-	-	9,3	9,4	9,5↓	-
48, 98	100	40	20	-	-	-	0,8	0,7	0,6	-	-	-	9,1	9,3↓	9,4	-	-	-	-
49, 99	-	-	20	40	100	-	-	-	0,8	0,6	0,2	-	-	-	9,2	9,4↓	9,8	-	-

Задача 1.4. Какой ток должен протекать по обмотке с числом витков  $w$ , в магнитной цепи, изображенной на рисунке 1.4 а, чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре  $\sigma$  была  $B_0$ . Данные для расчетов даны в таблице 1.4.

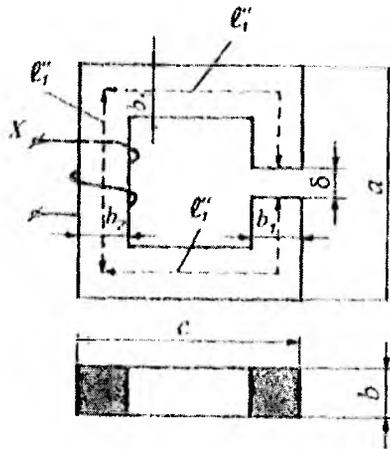


Рис. 1.4а

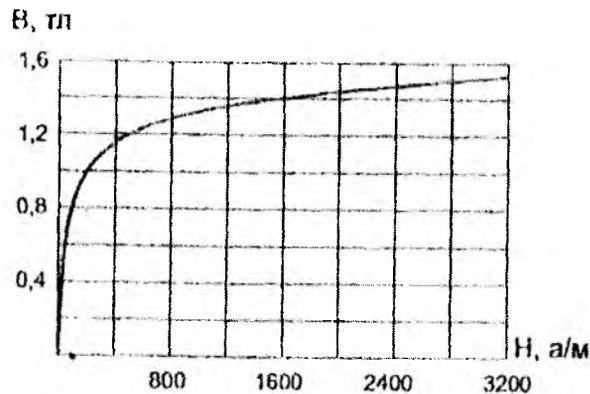


Рис. 1.4б

Таблица 1.4

Вариант	$w$ , вит.	$B_0$ , Тл	$\sigma$ , мм	$a$ , мм	$c$ , мм	$b$ , мм	$b_1 = b$ , мм	$b_2$ , мм
1	450	0,8	0,5	120	80	20	10	15
2	550	0,85	0,6	130	90	30	10	15
3	600	0,9	0,7	140	100	40	15	20
4	700	0,95	0,8	160	110	40	15	20
5	650	1,05	0,9	170	120	50	20	25
6	750	1,1	1,1	180	130	50	20	25
7	800	1,15	1,2	190	140	55	25	30
8	850	1,2	1,3	200	150	55	25	30
9	900	1,35	1,4	210	160	60	30	35
0	950	1,4	1,5	220	170	60	30	35

### Задача 1.5

Три приемника электрической энергии с комплексами полных сопротивлений  $Z_A$ ,  $Z_B$ ,  $Z_C$  соединены звездой и включены в четырехпроводную цепь трехфазного тока с линейным напряжением  $U_L$ . Сопротивление нулевого провода  $Z_0$ .

Определить:

1) напряжение на каждой фазе приемника при наличии нулевого провода и при его обрыве;

2) для случая с нулевым проводом:

а) фазные, линейные токи и ток в нулевом проводе;

б) активную, реактивную и полную мощности каждой фазы и всей цепи.

Построить топографическую диаграмму напряжений при обрыве нулевого провода. Данные для решения задачи возьмите в табл. 2.3.

Номер варианта	Заданные величины						Номер варианта	Заданные величины					
	U, B	Z <sub>A</sub> , Ом	Z <sub>B</sub> , Ом	Z <sub>C</sub> , Ом	Z <sub>D</sub> , Ом	Z <sub>E</sub> , Ом		U, B	Z <sub>A</sub> , Ом	Z <sub>B</sub> , Ом	Z <sub>C</sub> , Ом	Z <sub>D</sub> , Ом	Z <sub>E</sub> , Ом
00, 50	220	4	3+j4	4-j3	1	25, 75	380	+j12	14+j16	18-j24	06		
01, 51	380	6	4+j3	3-j4	1	26, 76	660	+j16	16+j18	24-j18	08		
02, 52	660	8	6+j8	6-j8	1	27, 77	220	+j24	20+j22	20-j9	08		
03, 53	220	10	8+j6	8-j6	1	28, 78	380	+j18	22+j24	9-j24	08		
04, 54	380	12	9+j12	12-j9	1	29, 79	660	+j20	24+j26	16-j24	08		
05, 55	660	14	12+j9	9-j12	1	30, 80	220	24+j32	+j2	4-j3	07		
06, 56	220	16	9+j16	16-j9	1	31, 81	380	32+j24	+j4	6-j9	07		
07, 57	380	18	12+j16	12-j16	1	32, 82	660	24+j22	+j16	8-j12	07		
08, 58	660	20	16+j12	16-j12	1	33, 83	220	16+j20	+j8	10-j14	07		
09, 59	220	22	9+j9	32-j24	1	34, 84	380	8+j8	+j10	12-j16	07		
10, 60	380	4+j3	-j3	80+j60	09	35, 85	660	12+j16	+j12	14-j18	07		
11, 61	660	6+j4	-j4	40+j30	09	36, 86	220	6+j14	+j14	16-j20	07		
12, 62	220	8+j6	-j5	4+j3	09	37, 87	380	6+j12	+j16	18-j22	07		
13, 63	380	10+j8	-j6	8+j6	09	38, 88	660	2+j10	+j18	20-j24	07		
14, 64	660	12+j9	-j7	12+j9	09	39, 89	220	6+j8	+j20	22-j26	07		

15, 65	220	14+j12	-j8	16+j12	09	40, 90	380	8+j6	16-j22	22	1
16, 66	380	16+j12	-j9	20+j15	09	41, 91	660	9+j18	6-j9	24	1
17, 67	660	18+j16	-j10	10+j7,5	09	42, 92	220	10+j16	8-j12	26	1
18, 68	220	20+j3	-j11	24+j18	09	43, 93	380	12+j16	10-j16	12	1
19, 69	380	22+j4	-j12	32+j24	09	44, 94	660	14+j8	12-j24	16	1
20, 70	660	+j3	3+j4	3-j4	08	45, 95	220	16+j12	14-j32	18	1
21, 71	220	+j4	6+j8	4-j3	08	46, 96	380	18+j36	16-j36	20	1
22, 72	380	+j6	8+j10	6-j8	08	47, 97	660	20+j10	18-j42	22	1
23, 73	660	+j8	10+j12	9-j16	08	48, 98	220	22+j9	20-j48	24	1
24, 74	220	+j9	12+j14	12-j16	08	49, 99	380	24+j12	22-j54	26	1

## Методические указания к выполнению контрольной работы 1

Пример 1.1. Определите электрический заряд, напряжение и энергию каждого конденсатора и всей цепи в схеме (рис. 1.5), если напряжение  $U = 3$  кВ, емкость  $C_1 = 90$  мкФ,  $C_3 = 10$  мкФ,  $C_4 = 20$  мкФ,  $C_5 = 30$  мкФ,  $C_6 = 30$  мкФ.

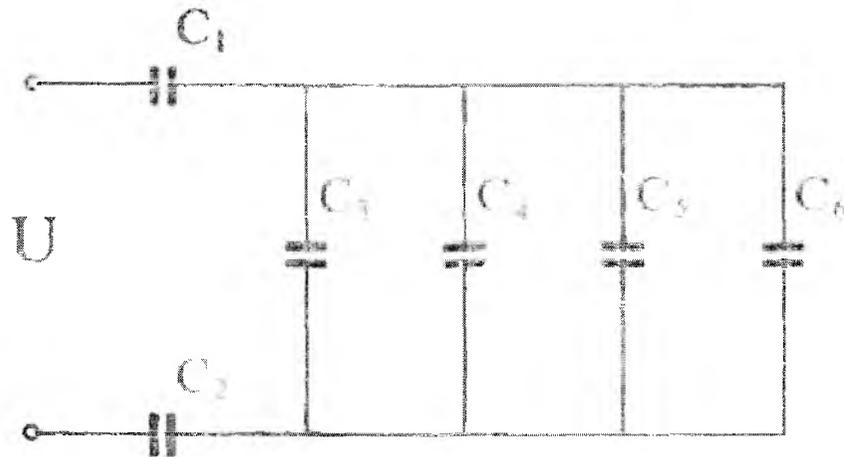


Рис. 1.5.

Решение. Конденсатора  $C_2$  в ветви нет, в этом месте цепь замкнута накоротко.

Определяют: 1. Емкость параллельно соединенных конденсаторов. При параллельном соединении общая емкость равна сумме емкостей конденсаторов:

$$C_{3-6} = C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = 10 + 20 + 30 + 30 = 90 \text{ мкФ.}$$

2. Эквивалентная емкость всей цепи. При последовательном соединении величина обратная общей емкости равна сумме обратных величин емкостей отдельных конденсаторов:

$$C_{\text{экв}} = \frac{C_1 \cdot C_{3-6}}{C_1 + C_{3-6}} = \frac{90 \cdot 90}{90 + 90} = 45 \text{ мкФ.}$$

3. Электрический заряд всей цепи. При последовательном соединении все конденсаторы получают один заряд, который равен общему заряду цепи:

$$Q = Q_1 = Q_{3-6} = U \cdot C_{\text{экв}} = 3 \cdot 10^3 \cdot 45 \cdot 10^{-6} = 135 \cdot 10^{-3} \text{ Кл.}$$

4. Напряжение на конденсаторах

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{135 \cdot 10^{-3}}{90 \cdot 10^{-6}} = 1500$$

$$U_3 = U_4 = U_5 = U_6 = \frac{Q_{3-6}}{C_{3-6}} = \frac{135 \cdot 10^{-3}}{90 \cdot 10^{-6}} = 1500$$

Проверка:  $U_1 + U_3 = U$ ;  $1,5 \cdot 10^3 + 1,5 \cdot 10^3 = 3 \cdot 10^3$ .

5. Электрические заряды на параллельно соединенных конденсаторах:

$$Q_3 = C_3 \cdot U_3 = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 15 \cdot 10^{-3} \text{ Кл;}$$

$$Q_4 = C_4 \cdot U_4 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Кл;}$$

$$Q_5 = C_5 \cdot U_5 = 30 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Кл;}$$

$$Q_6 = C_6 \cdot U_6 = 30 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Кл.}$$

6. Энергия электрического поля каждого конденсатора и энергия, потребляемая цепью:

$$W_1 = \frac{Q_1 \cdot U_1}{2} = \frac{135 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2} = 101,25 \text{ Дж;}$$

$$W_3 = \frac{Q_3 \cdot U_3}{2} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2} = 11,25 \text{ Дж;}$$

$$W_4 = \frac{Q_4 \cdot U_4}{2} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2} = 22,5 \text{ Дж;}$$

$$W_5 = \frac{Q_5 \cdot U_5}{2} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2} = 33,75 \text{ Дж;}$$

$$W_6 = \frac{Q_6 \cdot U_6}{2} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2} = 33,75 \text{ Дж};$$

$$W = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{135 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3}{2} = 202,5 \text{ Дж}.$$

Согласно закону сохранения энергии

$$W = W_1 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6; \quad 202,5 = 101,255 + 11,25 + 22,5 + 33,75 + 33,75.$$

$$202,5 = 202,5.$$

### Пример 1.2.

Перед решением задачи 1.2 изучите тему 1.2. Решение задач этого типа требует знания закона Ома для всей цепи и ее участка, первого закона Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность и энергию электрического тока.

Прежде всего, необходимо изобразить схему для своего варианта в удобном для расчета виде. Рассмотрим последовательность преобразования схемы относительно точек *b-c*, к которым приложено напряжение *U*.

Из схемы (рис. 1.2) видно, что через сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  токи не проходят, так как между ними имеется разрыв цепи, поэтому они из схемы исключаются. Относительно точек *b-c* схема имеет вид (см. рис. 1.6).

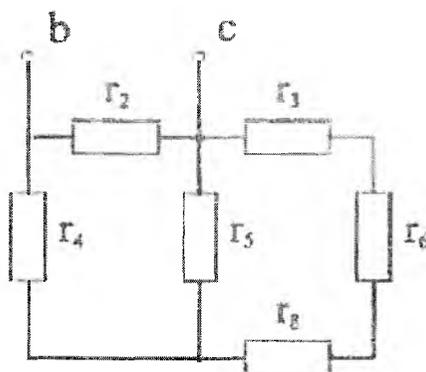


Рис. 1.6

Для схемы, приведенной на рис. 1.6, определите: токи во всех участках смешанной цепи; падения напряжения на каждом сопротивлении; мощность всей цепи; энергию, потребляемую за 10 часов работы.

Напряжение, приложенное к цепи  $U = 30 \text{ В}$ , сопротивления  $r_2 = 1 \text{ Ом}$ ,  $r_3 = 5 \text{ Ом}$ ,  $r_4 = 6 \text{ Ом}$ ,  $r_5 = 3 \text{ Ом}$ ,  $r_6 = 10 \text{ Ом}$ ,  $r_8 = 1 \text{ Ом}$ .

**Решение.** Прежде всего, на схеме обозначим стрелкой направление тока в каждом резисторе, индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

Из схемы рис. 1 б видно, что  $r_3$ ,  $r_6$  и  $r_8$  соединены последовательно, поэтому сопротивление

$$r_{3-8} = r_3 + r_6 + r_8 = 5 + 10 + 1 = 16 \text{ Ом.}$$

Сопротивление  $r_{3-8}$  с сопротивлением  $r_5$  соединены параллельно. Их эквивалентное сопротивление

$$r_{5,3-8} = \frac{r_5 \cdot r_{3-8}}{r_5 + r_{3-8}} = \frac{3 \cdot 16}{3 + 16} = 2,53 \text{ Ом.}$$

Дальше по аналогии с предыдущим выполнением:

$$r_{4,5,3-8} = r_4 + r_{5,3-8} = 6 + 2,53 = 8,53 \text{ Ом.}$$

Сопротивление всей цепи

$$r = \frac{r_2 \cdot r_{4,5,3-8}}{r_2 + r_{4,5,3-8}} = \frac{1 \cdot 8,53}{1 + 8,53} = 0,895 \text{ Ом.}$$

Определяется ток в неразветвленной части цепи

$$I = \frac{U}{r} = \frac{30}{0,895} = 33,52 \text{ А.}$$

Определяется ток в сопротивлении  $r_2$   $U = U_2$

$$I_2 = \frac{U_2}{r_2} = \frac{30}{1} = 30 \text{ А.}$$

Используя первый закон Кирхгофа, определяем ток  $I_4$

$$I_4 = I - I_2 = 33,52 - 30 = 3,52 \text{ А.}$$

Падение напряжения на сопротивлении  $r_4$

$$U_4 = I_4 \cdot r_4 = 3,52 \cdot 6 = 21,12 \text{ В.}$$

Падение напряжения на сопротивлении  $r_5$

$$U_{3-8} = U_5 = U - U_4 = 30 - 21,12 = 8,88 \text{ В.}$$

Ток в сопротивлении  $r_5$

$$I_5 = \frac{U_5}{r_5} = \frac{8,88}{3} = 2,96 \text{ А.}$$

Токи в сопротивлениях  $r_3$ ,  $r_6$ ,  $r_8$

$$I_3 = I_6 = I_8 = \frac{U_{3,8}}{r_{3-8}} = \frac{8,88}{16} = 0,555 \text{ А.}$$

Падения напряжения на сопротивлениях  $r_3$ ,  $r_6$ ,  $r_8$  :

$$U_3 = I_3 \cdot r_3 = 0,555 \cdot 5 = 2,775 \text{ В}$$

$$U_6 = I_6 \cdot r_6 = 0,555 \cdot 10 = 5,55 \text{ В}$$

$$U_8 = I_8 \cdot r_8 = 0,555 \cdot 1 = 0,555 \text{ В}$$

Проверим решение задачи, используя первый закон Кирхгофа для точки с

$$I = I_2 + I_5 + I_3; 33,5 = 30 + 2,96 + 0,555 = 33,5; 33,5 \text{ А} = 33,5 \text{ А}.$$

Токи определены правильно.

Определим мощность всей цепи

$$P = U \cdot I = 30 \cdot 33,5 = 1005 \text{ Вт}.$$

Энергия, потребляемая цепью за 10 часов:

$$W = P \cdot t = 1005 \cdot 10 = 10050 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 10,05 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Для схемы (рис. 1.6) в общем виде в логической последовательности покажем, как изменится электрический ток цепи при увеличении  $r_3 \uparrow$ . Сопротивления  $r_3, r_6, r_8$  соединены последовательно, поэтому  $\uparrow r_{3-8} = \uparrow r_3 + r_6 + r_8$ . Так как  $r_3$  увеличивается, то увеличивается и  $r_{3-8}$ .

Сопротивления  $r_5$  и  $r_{3-8}$  соединены параллельно. Их эквивалентное сопротивление определяется

$$\uparrow r_{5,3-8} = \frac{r_5 \cdot r_{3-8} \uparrow}{r_5 + r_{3-8} \uparrow}.$$

Из данного выражения видно, что сопротивление  $r_{5,3-8}$  увеличивается. Далее по аналогии:

$$\uparrow r_{4,5,3-8} = r_4 + r_{5,3-8} \uparrow;$$

$$\uparrow r = \frac{r_2 \cdot r_{4,5,3-8}}{r_2 + r_{4,5,3-8} \uparrow}.$$

Из формулы закона Ома видно, что величина тока в электрической цепи при этом уменьшается:

$$I = \frac{U}{r \uparrow}.$$

### Пример 1.3

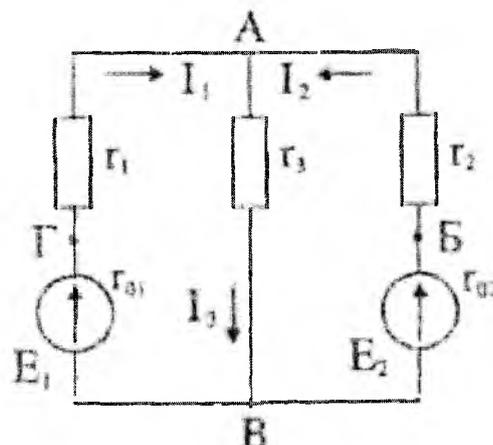


Рис. 1.7

Для электрической цепи, изображенной на рис. 1.7, по известным величинам ( $E_1 = 24 \text{ В}$ ,  $E_2 = 18 \text{ В}$ ,  $r_{01} = 0,1 \text{ Ом}$ ,  $r_{02} = 0,2 \text{ Ом}$ ,  $r_1 = 1,9 \text{ Ом}$ ,  $r_2 = 1,8 \text{ Ом}$ ,  $r_3 = 2 \text{ Ом}$ ) выполнить следующее:

- 1) составить на основании законов Кирхгофа систему необходимых уравнений для расчета токов во всех ветвях системы;
- 2) определить токи в ветвях, пользуясь любым методом расчета;
- 3) построить потенциальную диаграмму для любого контура;
- 4) определить мощности источников и приемников электрической энергии и мощность потерь внутри источников;
- 5) составить баланс мощностей.

**Решение.**

**1. Решение задачи методом узловых и контурных уравнений.**

В ряде случаев при расчете токов в разветвленной цепи не представляется возможным предугадать, какое направление будет иметь тот или иной ток. Поэтому задаемся (произвольно) направлениями токов  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  во всех участках цепи и обозначаем эти направления стрелками. Если направление токов выбрано правильно, то в результате вычисления величина тока будет положительной. Если же при расчете ток получился отрицательным, то действительное направление тока противоположно произвольно выбранному. Так как в данной цепи имеются три неизвестные величины – токи  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , то необходимо составить систему уравнений, связывающих эти величины. Данная цепь имеет две узловые точки А и В. Поэтому по первому закону Кирхгофа необходимо составить одно уравнение (на единицу меньше числа узлов), а два других уравнения составляются по второму закону Кирхгофа.

При составлении уравнений по второму закону Кирхгофа необходимо задаться направлением обхода контура. Если направление тока и направление действия электродвижущей силы совпадают с направлением обхода контура, то падения напряжений и электродвижущие силы берутся со знаком «плюс», падения напряжений и электродвижущие силы противоположного направления – со знаком «минус».

На основании первого закона Кирхгофа для узла А

$$I_3 = I_1 + I_2. \quad (1)$$

Составим уравнения по второму закону Кирхгофа.

Для контура ГАВГ  $E_1 = I_1(r_1 + r_{01}) + I_3 r_3. \quad (2)$

Для контура ГАВВГ  $E_1 - E_2 = I_1(r_1 + r_{01}) - I_2(r_2 + r_{02}). \quad (3)$

После подстановки известных величин в уравнения (2) и (3) получим:

$$24 = 2I_1 + 2I_3; \quad 6 = 2I_1 - 2I_2 \quad (2) (3)$$

Заменяя в уравнении (2) значения  $I_3$ , через  $(I_1 + I_2)$  из уравнения (1), получим:

$$24 = 4I_1 + 2I_2; \quad 6 = 2I_1 - 2I_2.$$

Складываем полученные два уравнения:

$$\begin{array}{r} 24 = 2I_1 + 2I_2 \\ + \quad 6 = 2I_1 - 2I_2 \\ \hline 30 = 6I_1, \quad I_1 = \frac{30}{6} = 5 \text{ A.} \end{array}$$

Подставляя найденное значение тока  $I_1$  в уравнение (2), получаем:

$$24 = 4 \cdot 5 + 2I_2 = 20 + 2I_2, \quad I_2 = \frac{24 - 20}{2} = 2 \text{ A}, \quad I_3 = I_1 + I_2 = 5 + 2 = 7 \text{ A}.$$

Знак «плюс» у токов  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  показывает, что направление токов выбрано нами правильно. Оба источника вырабатывают энергию, то есть работают в режиме генераторов.

Для проверки правильности решения составляем уравнение по второму закону Кирхгофа для контура АВБА:

$$E_2 = I_2(r_2 + r_{02}) + I_3r_3; \quad 18 = 2 \cdot 2 + 2 \cdot 7; \quad 18 = 18.$$

Токи определены правильно.

## 2. Решение задачи методом узлового напряжения.

Обратите внимание на этот метод, так как он используется при расчете параллельных цепей переменного тока и трехфазных цепей, соединенных звездой.

2.1. Определяются проводимости ветвей:

$$g_1 = \frac{1}{r_1 + r_{01}} = \frac{1}{1,9 + 0,1} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ См};$$

$$g_2 = \frac{1}{r_2 + r_{02}} = \frac{1}{1,8 + 0,2} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ См};$$

$$g_3 = \frac{1}{r_3} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ См}.$$

2.2. Определяется узловое напряжение:

$$U = \frac{E_1g_1 + E_2g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{24 \cdot 0,5 + 18 \cdot 0,5}{0,5 + 0,5 + 0,5} = \frac{21}{1,5} = 14 \text{ В}.$$

2.3. Направим токи во всех ветвях схемы от узла В к узлу А. По закону Ома токи в ветвях определяются следующим образом:

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1 + r_{01}} = (E_1 - U)g_1 = (24 - 14) \cdot 0,5 = 5 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2 + r_{02}} = (E_2 - U)g_2 = (18 - 14) \cdot 0,5 = 2 \text{ А};$$

$$I_3 = (E_3 - U)g_3 = (0 - 14) \cdot 0,5 = -7 \text{ А}.$$

Знак «минус» у тока  $I_3$  показывает, что направление тока не соответствует произвольно выбранному. Проверяем решение задачи по первому закону Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 = I_3; \quad 11 + 12 = (5 + 2) = 7 \text{ А}; \quad I_3 = 7 \text{ А}.$$

Токи определены правильно.

2.4. Определяем мощности источников энергии:

$$P_{11} = E_1 I_1 = 24 \cdot 5 = 120 \text{ Вт}; \quad P_{21} = E_2 I_2 = 18 \cdot 2 = 36 \text{ Вт};$$

Мощности приемников электрической энергии:

$$P_1 = I_1^2 r_1 = 5^2 \cdot 1,8 = 47,5 \text{ Вт}; \quad P_2 = I_2^2 r_2 = 2^2 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ Вт};$$

$$P_3 = I_3^2 r_3 = 7^2 \cdot 2 = 98 \text{ Вт}.$$

Мощности потерь внутри источников:

$$P_{01} = I_1^2 r_{01} = 5^2 \cdot 0,1 = 2,5 \text{ Вт}; \quad P_{02} = I_2^2 r_{02} = 2^2 \cdot 0,2 = 0,8 \text{ Вт}.$$

Составляем баланс мощностей:

$$P_{11} + P_{21} = P_1 + P_2 + P_3 + P_{01} + P_{02}.$$

$$120 + 36 = 47,5 + 7,2 + 98 + 2,5 + 0,8; \quad 156 = 156.$$

Согласно закону сохранения энергии сумма мощностей источников приемников электрической энергии плюс потери мощности внутри источников.

2.5. Строим потенциальную диаграмму. При построении потенциальной диаграммы для контура ВБАВ в схеме (рис. 1.7) заземлим точку В.

Необходимо помнить, что потенциал заземленной точки равен нулю и что ток всегда течет от точки с большим потенциалом к точке с меньшим потенциалом:

$$\varphi_B = 0; \quad \varphi_B = \varphi_B + E_2 - I_2 r_{02} = 0 + 18 - 2 \cdot 0,2 = 17,6 \text{ В};$$

$$\varphi_A = \varphi_B - I_2 r_2 = 17,6 - 2 \cdot 1,8 = 14 \text{ В};$$

$$\varphi_B = \varphi_A - I_3 r_3 = 14 - 7 \cdot 2 = 0.$$

Потенциал  $\varphi_B$  равен нулю, следовательно, потенциалы определены правильно. Потенциальная диаграмма строится в прямоугольной системе координат. По горизонтальной оси откладываем в масштабе  $m_r = 4 \text{ Ом/см}$  сопротивления, а по вертикальной оси — потенциалы в масштабе  $m_\varphi = 4 \text{ В/см}$ . Изменение потенциалов показано наклонными прямыми линиями (рис. 1.8).

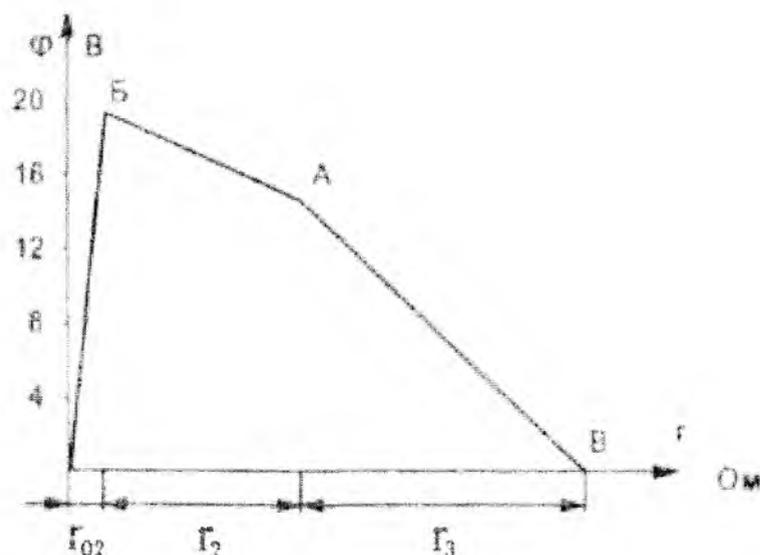


Рис. 1.8

**Пример 1.4** относится к расчету магнитных цепей. При решении большинства электротехнических задач все вещества практически подразделяются на ферромагнитные и неферромагнитные. У ферромагнитных веществ относительная магнитная проницаемость  $\mu$  намного больше единицы, у всех неферромагнитных —  $\mu$  практически равна единице.

Основными величинами, характеризующими магнитное поле, являются векторные величины: магнитная индукция  $\vec{B}$ , намагниченность  $\vec{J}$ , напряженность  $\vec{H}$ . Эти три величины связаны друг с другом следующей зависимостью:

$$\vec{B} = \mu_0 \left( \vec{H} + \vec{J} \right) \quad \text{Ал или} \quad \vec{B} = \mu_0 \cdot \mu \vec{H},$$

где  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$  Гн/м, магнитная проницаемость вакуума;  
 $\mu$  — относительная магнитная проницаемость вещества.

Магнитный поток  $\Phi$  есть поток вектора магнитной индукции через площадь  $S$ :  $\Phi = \vec{B} S$  Вб.

Магнитное поле создается электрическими токами. Количественная связь между линейным интегралом от вектора напряженности магнитного поля  $\vec{H}$  вдоль любого произвольного контура является алгебраической суммой токов  $\sum I$ , охваченных этим контуром, определяется законом тока  $Hl = \sum I$ .

Магнитодвижущая сила (м.д.с.) или намагничивающая сила (н.с.) катушки или обмотки с током есть произведение числа витков катушки  $W$  на протекающей по ней ток

$$F_M = IW.$$

Рассмотрим пример расчета магнитной цепи, показанной на рис. 1.4а, если дано:

$W = 500$  вит.;  $B_{\sigma} = 1$  Тл;  $\sigma = 1,0$  мм;  $a = 150$  мм;  $c = 130$  мм;  $b = 30$  мм;

$b_1 = b_1' = 15$  мм;  $b_2 = 20$  мм. Найти величину тока в катушке, используя кривую намагничивания на рис. 1.4б.

**Решение:**

Магнитную цепь разбиваем на три участка: первый с сечением  $s_1$ , длина которого

$$l_1 = l_1' + l_1''; \quad l_1' = l_1'';$$

$$l_1' = \left[ c - \frac{b_1 + b_2}{2} \right] + \frac{a - b}{2} = \left[ 130 - \frac{15 + 20}{2} \right] + \frac{150 - 15}{2} = 190 \text{ мм} = 0,19 \text{ м};$$

$$l_1 = 2l_1' = 2 \cdot 0,19 = 0,38 \text{ м};$$

$$s_1 = b \cdot b_1 = 15 \cdot 30 = 450 \text{ мм}^2 = 4,5 \text{ см}^2;$$

второй с сечением  $s_2$ , длина которого

$$l_2 = a - b_1 = 150 - 15 = 135 \text{ мм} \quad l_2 = 0,135 \text{ м};$$

$$s_2 = b \cdot b_2 = 20 \cdot 30 = 600 \text{ мм}^2 = 6 \text{ см}^2;$$

третий – воздушный зазор  $\sigma \approx 0,1$  см;  $s_{\sigma} = s_1 = 4,5 \text{ см}^2$ .

Индукция  $B_1 = B_{\sigma} = 1$  Тл.

Индукцию на втором участке найдем, разделив поток  $\Phi = B_{\sigma} \cdot s_{\sigma}$  на сечение  $s_2$

$$B_2 = \frac{\Phi}{s_2} = \frac{B_{\sigma} \cdot s_{\sigma}}{s_2} = \frac{1 \cdot 4,5}{6} = 0,75 \text{ Тл.}$$

Напряженности поля на участках  $l_1$  и  $l_2$  определяем согласно кривой намагничивания (рис. 1.4б) по известным значениям магнитной индукции  $B_1$  и  $B_2$

$$H_1 = 300 \text{ А/м}; \quad H_2 = 115 \text{ А/м.}$$

Напряженность поля в воздушном зазоре

$$H_{\sigma} = 0,8 \cdot 10^6 \cdot B_{\sigma} = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1 = 8 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

Падение магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи

$$\begin{aligned} \sum H_k \cdot l_k &= H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_2 + H_{\sigma} \cdot l_{\sigma} = \\ &= 300 \cdot 0,38 + 115 \cdot 0,135 + 8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 209,6 \text{ А.} \end{aligned}$$

Сила тока в обмотке

$$I = \frac{\sum H_k l_k}{W} = \frac{209,6}{500} = 0,419 \text{ А.}$$

### Пример 5

Цепь, состоящая из двух параллельных ветвей, параметры которых  $r_1 = 16 \text{ Ом}$ ;  $X_{L1} = 12 \text{ Ом}$ ;  $r_2 = 30 \text{ Ом}$ ;  $X_{C2} = 40 \text{ Ом}$ , присоединена к сети с напряжением  $U = 179 \sin 628t$ .

Определить: 1) частоту электрической сети; 2) действующее значение напряжения сети; 3) токи в параллельных ветвях и ток в неразветвленной части цепи; 4) коэффициент мощности каждой ветви и всей цепи; 5) углы сдвига фаз токов относительно напряжения сети; 6) активную, реактивную и полную мощности цепи.

Построить векторную диаграмму напряжения и токов.

**Решение.**

1. Частота электрической цепи определяется из формулы угловой частоты  $\omega = 2\pi f$ :

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{628}{2 \cdot 3,14} = 100 \text{ Гц.}$$

2. Действующее значение напряжения определяется по известному амплитудному значению напряжения ( $U_m$ ):

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{179}{1,41} = 127 \text{ В.}$$

3. Для определения токов необходимо найти проводимость ветвей и всей цепи:

1) активная, реактивная и полная проводимости первой ветви:

$$g_1 = \frac{r_1}{Z_1^2} = \frac{16}{16^2 + 12^2} = \frac{16}{400} = 0,04 \text{ См.}$$

$$b_1 = \frac{X_{L1}}{Z_1^2} = \frac{12}{16^2 + 12^2} = \frac{12}{400} = 0,03 \text{ См.}$$

$$y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0,04^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,0025} = 0,05 \text{ См.}$$

2) активная, реактивная и полная проводимости второй ветви:

$$g_2 = \frac{r_2}{Z_2^2} = \frac{30}{30^2 + 40^2} = \frac{30}{2500} = 0,012 \text{ См.}$$

$$b_2 = \frac{-X_{C2}}{Z_2^2} = \frac{40}{30^2 + 40^2} = \frac{30}{2500} = -0,016 \text{ См.}$$

$$y_2 = \sqrt{g_2^2 + b_2^2} = \sqrt{0,012^2 + (-0,016)^2} = \sqrt{0,0004} = 0,02 \text{ См};$$

3) активная, реактивная и полная проводимости всей цепи:

$$g = g_1 + g_2 = 0,04 + 0,012 = 0,052 \text{ См};$$

$$b = b_1 + b_2 = 0,03 + (-0,016) = 0,014 \text{ См}.$$

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,052^2 + 0,014^2} = \sqrt{0,0029} = 0,054 \text{ См}.$$

4. Токи в ветвях и ток в неразветвленной части цепи:

$$I_1 = U \cdot y_1 = 127 \cdot 0,05 = 6,35 \text{ А};$$

$$I_2 = U \cdot y_2 = 127 \cdot 0,02 = 2,54 \text{ А};$$

$$I = U \cdot y = 127 \cdot 0,054 = 6,86 \text{ А}.$$

5. Коэффициент мощности и углы сдвига фаз относительно напряжения каждой ветви и всей цепи:

$$\cos \varphi_1 = \frac{g_1}{y_1} = \frac{0,04}{0,05} = 0,8; \quad \varphi_1 = 37^\circ;$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{g_2}{y_2} = \frac{0,012}{0,02} = 0,6; \quad \varphi_2 = -53^\circ;$$

$$\cos \varphi = \frac{g}{y} = \frac{0,052}{0,054} = 0,963; \quad \varphi = 12^\circ.$$

По коэффициентам мощности  $\cos \varphi$  с помощью таблиц Брадиса или логарифмической линейки определяются углы сдвига фаз между токами и напряжениями.

6. Активная, реактивная и полная мощности цепи:

$$P = U^2 \cdot g = 127^2 \cdot 0,052 = 838,7 \text{ Вт};$$

$$Q = U^2 \cdot b = 127^2 \cdot 0,014 = 225,8 \text{ вар};$$

$$S = U^2 \cdot y = 127^2 \cdot 0,054 = 871 \text{ В А}.$$

Для построения векторной диаграммы токов и напряжения определяются активные и реактивные составляющие токов ветвей и всей цепи:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 6,35 \cdot 0,8 = 5,08 \text{ А};$$

$$I_{a2} = I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 2,54 \cdot 0,6 = 1,524 \text{ А};$$

$$I_a = I \cdot \cos \varphi = 6,86 \cdot 0,963 = 6,604 \text{ А};$$

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 6,35 \cdot 0,6 = 3,81 \text{ А};$$

$$I_{p2} = I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 2,54 \cdot 0,8 = 2,032 \text{ A};$$

$$I_p = I \sin \varphi = 6,86 \cdot 0,259 = 1,78 \text{ A};$$

Выбираются масштабы напряжения и токов:

$$m_U = 25 \text{ В/см}; \quad m_I = 1 \text{ А/см}.$$

Определяются длины векторов напряжения и токов:

$$\bar{U} = \frac{|U|}{m_U} = \frac{127}{25} = 5,08 \text{ см};$$

$$\bar{I}_a = \frac{|I_a|}{m_I} = \frac{6,604}{1} = 6,604 \text{ см};$$

$$\bar{I}_{a1} = \frac{|I_{a1}|}{m_I} = \frac{5,08}{1} = 5,08 \text{ см};$$

$$\bar{I}_p = \frac{|I_p|}{m_I} = \frac{1,78}{1} = 1,78 \text{ см};$$

$$\bar{I}_{p1} = \frac{|I_{p1}|}{m_I} = \frac{3,81}{1} = 3,81 \text{ см};$$

$$\bar{I}_1 = \frac{|I_1|}{m_I} = \frac{6,35}{1} = 6,35 \text{ см};$$

$$\bar{I}_{a2} = \frac{|I_{a2}|}{m_I} = \frac{1,524}{1} = 1,524 \text{ см};$$

$$\bar{I}_2 = \frac{|I_2|}{m_I} = \frac{2,54}{1} = 2,54 \text{ см};$$

$$\bar{I}_{p2} = \frac{|I_{p2}|}{m_I} = \frac{2,032}{1} = 2,032 \text{ см};$$

$$\bar{I} = \frac{|I|}{m_I} = \frac{6,86}{1} = 6,86 \text{ см};$$

Построение векторной диаграммы для разветвленных электрических цепей начинают с вектора напряжения  $\bar{U}$ , который располагают по горизонтальной оси. Вектор активной составляющей тока первой ветви  $\bar{I}_{a1}$  совпадает с вектором напряжения, поэтому он откладывается также по горизонтальной оси. Из конца вектора активной составляющей тока первой ветви  $\bar{I}_{a1}$  в сторону отставания на  $90^\circ$  от вектора напряжения  $\bar{U}$  (для цепи с реактивно-индуктивным сопротивлением) откладывается вектор реактивной составляющей тока первой ветви  $\bar{I}_{p1}$ . Соединяя конец вектора реактивной составляющей тока первой ветви  $\bar{I}_{p1}$ , с началом вектора активной составляющей тока первой ветви  $\bar{I}_{a1}$ , получаем вектор тока первой ветви  $\bar{I}_1$ . Из конца вектора реактивной составляющей тока первой ветви  $\bar{I}_1$  откладывается вектор активной составляющей тока второй ветви  $\bar{I}_{a2}$ , совпадающий с вектором напряжения  $\bar{U}$ , а из его конца в сторону опережения вектора напряжения  $\bar{U}$  на

$90^\circ$  (для цепи с реактивно-емкостным сопротивлением) откладывается вектор реактивной составляющей тока второй ветви  $\bar{I}_{p2}$ . Соединяя конец вектора реактивной составляющей тока второй ветви  $\bar{I}_{p2}$  с началом вектора активной составляющей тока второй ветви  $\bar{I}_{a2}$ , получаем вектор тока второй ветви  $\bar{I}_2$ . Соединяя конец вектора тока второй ветви  $\bar{I}_2$  с началом вектора тока первой ветви  $\bar{I}_1$ , получаем вектор тока в неразветвленной части цепи  $\bar{I}$ . Векторная диаграмма построена на рис. 2.3.

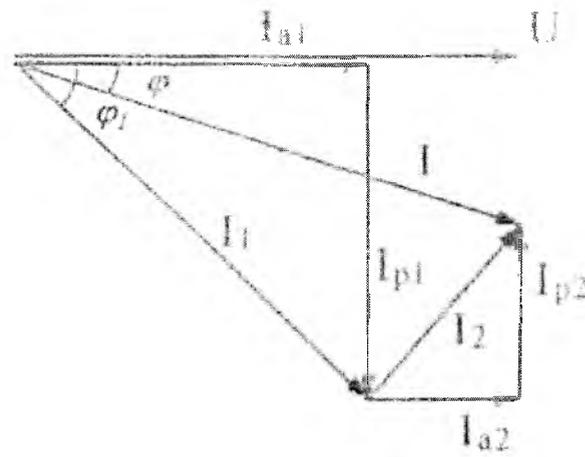


Рис. 2.3

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.**

1. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа., 2001.
  2. Попов В.С. Теоретическая электротехника. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
  3. Зайчик М.Ю. Сборник задач и упражнений по теоретической электротехнике. – М.: Энергия, 1988.
  4. Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника. – М.: Энергия, 1992.
  5. Данилов И.А., Иванов П.М. Дидактический материал по общей электротехнике с основами электроники. – М.: Высшая школа, 1987.
- Дополнительные источники:
1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004.
  2. Частоедов Л.А. Электротехника, Учебное пособие для программированного обучения. – М.: Высшая школа, 1984.
  3. Новиков Н.П., Кауфман В.Я., Толчеев О.В. и др. Задачник по