

## 4.2. Индивидуальное домашнее задание № 1

ИДЗ № 1 выполняется на тему: «Переходные процессы в цепях с сосредоточенными параметрами. Линии с распределенными параметрами в установившемся режиме».

Индивидуальное домашнее задание № 1 состоит из трех задач:

- 1.1, 1.2 – развивающие навыки расчета переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами с одним и двумя накопителями энергии. В задаче используются методы: классический, операторный, интеграла Дюамеля;
- 1.3 – формирующей навыки расчета цепей с распределенными параметрами в установившемся режиме.

Схемы на рис. 1.1,  $a-1.10$ ,  $a$  относятся к задаче 1.1.

Схемы на 1.1,  $b-1.10$ ,  $b$ , относятся к задаче 1.2.

### Задача 1.1

1. В заданной цепи, изображенной на рис. 1.1,  $a-1.10$ ,  $a$  (схема на рис. 1.1,  $a-1.10$ ,  $a$  выбирается по правилу выбора варианта из табл. 1.1), в момент времени  $t=0$  срабатывает ключ **К** и на интервале времени  $0 \leq t \leq t_0$  подключается источник постоянной ЭДС  $e(t) = E_0$  или источник постоянного тока  $J(t) = J_0$ .

**Требуется:** определить закон изменения тока в катушке индуктивности (схема  $RL$ ) или напряжения на конденсаторе (схема  $RC$ ) **классическим методом**. Построить график изменения искомой величины на интервале времени  $0 \leq t \leq 4\tau$ , где  $\tau$  – постоянная времени цепи с одним накопителем энергии (в секундах). Ее численное значение определяется из характеристического уравнения, как величина, обратная корню  $\tau = \left| \frac{1}{p} \right|$ .

2. В заданной цепи (рис. 1.1,  $a-1.10$ ,  $a$ ) в момент времени  $t=0$  срабатывает ключ **К**, который подключает источник ЭДС  $e(t)$  или тока  $J(t)$ , изменяющиеся по экспоненциальному закону:

$$e(t) = E_0 \cdot e^{-at} \quad \text{или} \quad J(t) = J_0 \cdot e^{-at},$$

где  $a$  – постоянный коэффициент, определяется по данным табл. 1.1 из заданного соотношения  $a \cdot \tau$ .

**Требуется:** определить закон изменения той же величины (см. п. 1) **операторным методом**. Построить график изменения искомой величины на интервале времени  $0 \leq t \leq 4 \cdot \tau$ .

3. В заданной цепи (рис. 1.1, а–1.10, а) в момент времени  $t = 0$  срабатывает ключ **К** и на интервале времени  $0 \leq t \leq t_0$  подключается источник ЭДС  $e(t)$  или тока  $J(t)$ , изменяющиеся по линейному закону:

$$e_1(t) = E_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) \text{ или } J_1(t) = J_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{t_0}\right)$$

$$\text{при } t \geq t_0 \quad e_2(t) = 0; \quad J_2(t) = 0.$$

**Требуется:** определить закон изменения той же величины (см. п. 1) **методом интеграла Дюамеля**. Построить график изменения искомой величины на интервалах времени  $0 \leq t \leq t_0$  и  $t \geq t_0$ . **Принять**  $t_0 = 2 \cdot \tau$ , где  $\tau$  – постоянная времени цепи.

Параметры элементов цепи и источников указаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ варианта	№ схемы (см. рис.)	$E_0$ , В	$J_0$ , А	$a \cdot \tau$	$L$ , мГн	$C$ , мкФ	$R_1$	$R_2$	$R_3$
							Ом		
1	1.1 а, б	100	–	2	4	500	10	6	4
2	1.4 а, б	50	–	2	1	10	10	25	5
3	1.6 а, б	150	–	3	10	10	40	60	100
4	1.9 а, б	100	–	2	4	5	20	20	10
5	1.2 а, б	–	1	2	1	10	10	10	4
6	1.10 а, б	40	–	2	1	10	0,5	3	0,5
7	1.3 а, б	–	2	3	10	10	50	10	10
8	1.9 а, б	50	–	2	1	10	6	6	1
9	1.5 а, б	–	10	2	20	100	50	50	50
10	1.7 а, б	–	1	2	2	10	2	2	4
11	1.8 а, б	–	5	3	1	10	0	4	4
12	1.10 а, б	100	–	2	2	10	1	4	1
13	1.8 а, б	–	4	3	2	10	5	5	0
14	1.7 а, б	–	0,5	2	1	10	1	1	3
15	1.6 а, б	60	–	2	2	1670	1	0	6
16	1.4 а, б	100	–	2	1	10	20	5	15
17	1.5 а, б	–	0,2	2	10	10	40	60	100
18	1.1 а, б	20	–	3	1	1500	2	4	1
19	1.3 а, б	–	0,8	2	10	100	10	100	25
20	1.4 а, б	100	–	2	2	5	20	40	20
21	1.2 а, б	–	0,1	3	1	10	1	2	3
22	1.8 а, б	–	0,4	2	0,4	10	5	2,5	0
23	1.6 а, б	10	–	2	2	1670	1	2	4
24	1.7 а, б	–	3	2	4	5	20	20	5
25	1.10 а, б	100	–	2	20	10	1	14	3

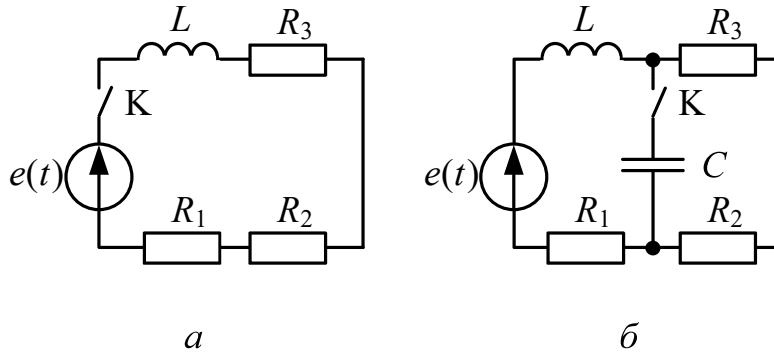


Рис. 1.1

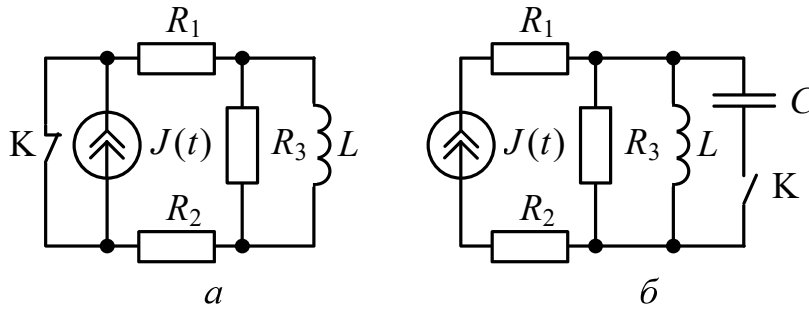


Рис. 1.2

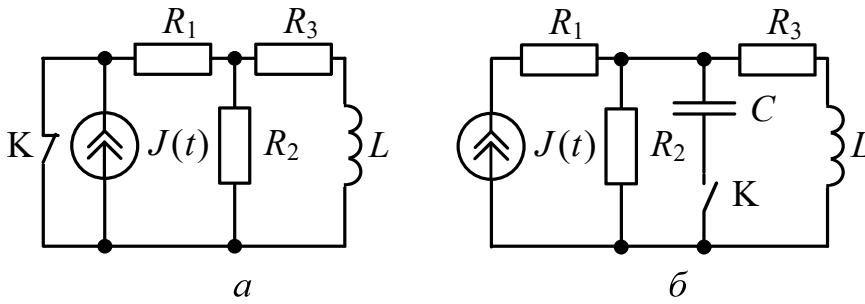


Рис. 1.3

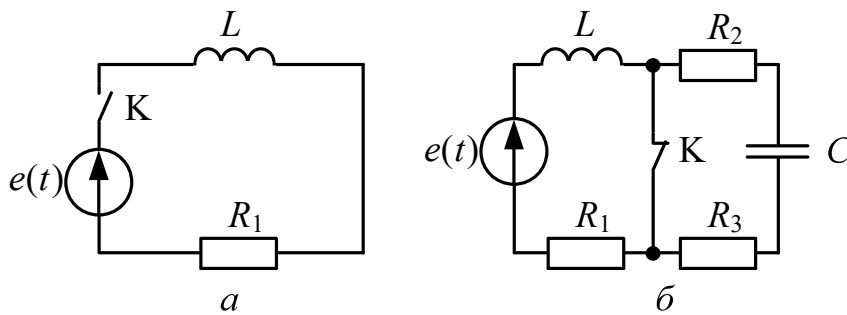


Рис. 1.4

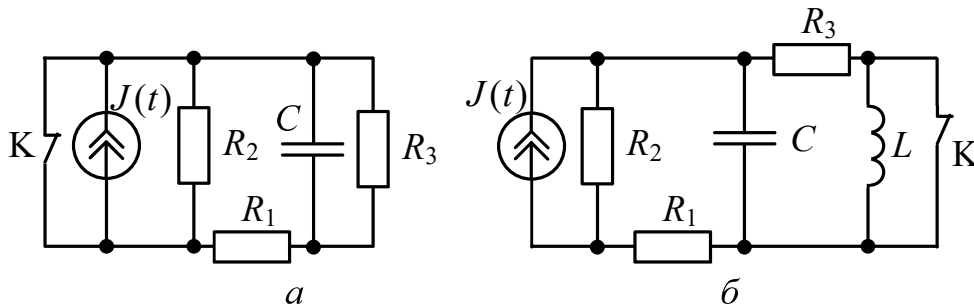


Рис. 1.5

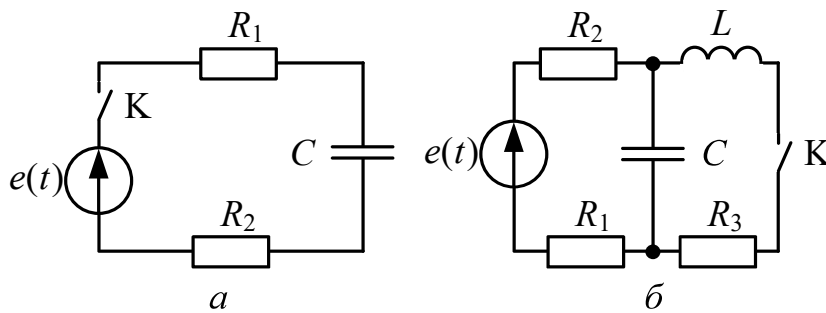


Рис. 1.6

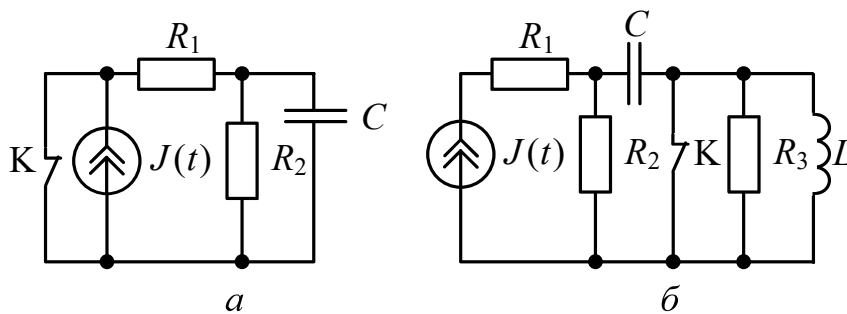


Рис. 1.7

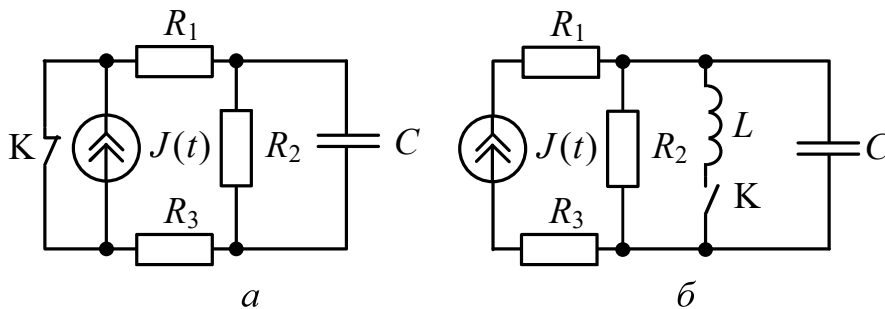


Рис. 1.8

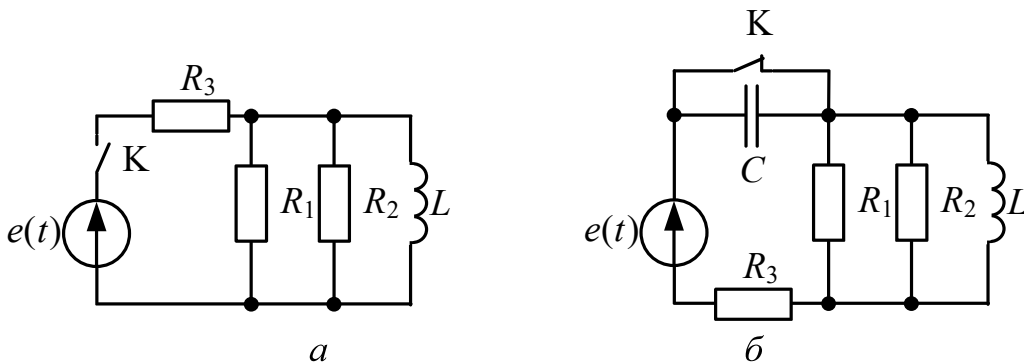


Рис. 1.9

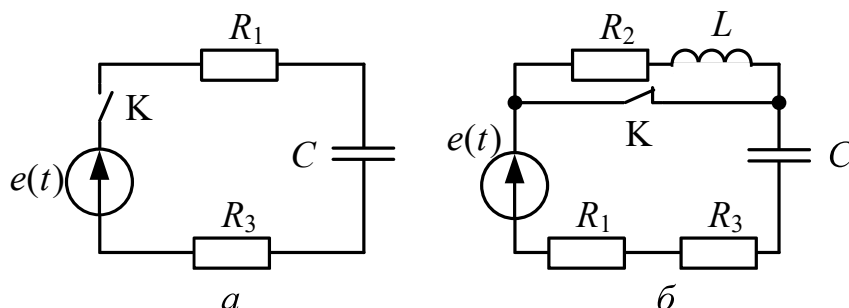


Рис. 1.10

### Задача 1.2

В цепи, изображенной на рис. 1.1, б–1.10, б, в момент времени  $t = 0$  срабатывает ключ **К**, который подключает источник постоянной ЭДС  $e(t) = E_0$  или источник постоянного тока  $J(t) = J_0$ .

**Требуется:** определить закон изменения той же величины (см. задачу 1.1) **классическим методом**. Построить график изменения искомой величины на интервале времени  $0 \leq t \leq 4\tau_{\max}$ , где  $\tau_{\max}$  – большая по величине постоянная времени цепи второго порядка.

### Задача 1.3

По заданным табл. 1.2 параметрам линии ( $R_0, L_0, G_0, C_0$ ), частоте  $f$ , длине линии  $l$ , комплексным значениям напряжения  $\dot{U}_2$  и тока  $\dot{I}_2$  в конце линии, сопротивлению нагрузки  $Z_H$  требуется:

1. Рассчитать напряжение  $\dot{U}_1$  и ток  $\dot{I}_1$  в начале линии, активную  $P$  и полную  $S$  мощности в начале и в конце линии, а также КПД линии.
2. Полагая, что линия п. 1 стала линией без потерь ( $R_0 = G_0 = 0$ ), а нагрузка на конце линии стала активной и равной модулю комплекс-

ной нагрузки в п. 1, определить напряжение  $\dot{U}_1$  и ток  $\dot{I}_1$  в начале линии, а также длину электромагнитной волны  $\lambda$ .

3. Для линии без потерь (п. 2) построить график распределения действующего значения напряжения вдоль линии в функции координаты  $x$ , отсчитываемой от конца линии.

Таблица 1.2

№ вар-та	$f \cdot 10^3$	$l$	$R_0$	$C_0 \cdot 10^{-9}$	$L_0 \cdot 10^{-3}$	$G_0 \cdot 10^{-6}$	$\dot{U}_2$	$\dot{I}_2 \cdot 10^{-3}$	$Z_H$
	Гц	км	$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\frac{\Phi}{\text{км}}$	$\frac{\Gamma_{\text{H}}}{\text{км}}$	$\frac{\text{См}}{\text{км}}$	В	А	Ом
1	0,25	400	5	9,6	5,08	0,62	–	$16e^{j15^0}$	$1600e^{-j15^0}$
2	1	177	10	5,9	4,16	0,75	70,5	–	$1675e^{-j10^0}$
3	10	7,5	116	5,75	8,48	0,51	–	$20e^{j6^0}$	$2440e^{-j6^0}$
4	5	16	157,2	5,75	10	1,75	55,4	–	$2770e^{-j13^0}$
5	0,75	146	12	10,6	4,6	0,08	10	–	400
6	3	$\frac{56,7}{7}$	20	6	4,1	1,25	42,3	–	423
7	1,2	49	75,6	6,35	11,52	0,8	–	$3,9e^{j20^0}$	$3110e^{-j20^0}$
8	7	10	180,4	12,22	7,6	4,5	20	–	$419e^{-j14^0}$
9	0,6	200	6,2	10	4,8	0,8	–	$28,2e^{j8^0}$	$355e^{-j8^0}$
10	0,8	223	5,8	6,5	3,8	0,7	14,1	–	$392e^{-j8^0}$
11	0,6	100	22	10	12	0,65	–	$52,1e^{j12^0}$	$2300e^{-j12^0}$
12	0,9	81	19,2	7,4	10,8	0,72	62	$24,4e^{j8^0}$	–
13	4	$\frac{25,4}{4}$	48,6	6,4	7,5	0,41	–	22,5	667
14	6,5	$\frac{10,5}{5}$	204	5,6	8,54	4,2	36	–	$800e^{-j15^0}$

Окончание табл. 1.2

№ вар-та	$f \cdot 10^3$	$l$	$R_0$	$C_0 \cdot 10^{-9}$	$L_0 \cdot 10^{-3}$	$G_0 \cdot 10^{-6}$	$\dot{U}_2$	$\dot{I}_2 \cdot 10^{-3}$	$Z_H$
	Гц	км	$\frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$\frac{\Phi}{\text{км}}$	$\frac{\text{Гн}}{\text{км}}$	$\frac{\text{См}}{\text{км}}$	В	А	Ом
15	2	45	50,4	3,6	13,4	1	–	$45e^{j8^0}$	$980e^{-j8^0}$
16	4	30,2	33,4	9,5	2,66	1,5	29,6	–	1130
17	0,9	94,2	27	6,8	7,08	0,95	–	$3e^{j16^0}$	$2000e^{-j16^0}$
18	9	16,3	108	4,1	10,4	0,46	22,6	–	$565e^{-j5^0}$
19	1,6	65	40,8	3,4	14,16	0,9	–	$32e^{j7^0}$	$1500e^{-j7^0}$
20	0,7	105	14,6	16,4	3,04	1,35	60	–	$900e^{-j23^0}$
21	0,5	200	10	9,6	5,08	1,25	100	$64,2e^{j15}$	–
22	0,5	250	5	11,8	4,16	0,75	–	$21,2e^{j10}$	$1188e^{-j10^0}$
23	10	11,6	58	5,75	4,24	0,51	34,4	–	$1720e^{-j6^0}$
24	2,5	23,7	78,6	11,5	10	1,75	–	$10e^{j13^0}$	$1965e^{-j13^0}$
25	1,5	73	24	10,6	4,6	0,175	40	100	–

### 4.3. Теоретические сведения и методические указания к решению индивидуального домашнего задания № 1

#### 4.3.1. Методические указания к решению задач 1.1, 1.2

Переходные процессы возникают при коммутациях, под которыми понимают включение, отключение, переключение источников энергии или элементов цепи. Импульсные воздействия вызывают переходные процессы без коммутаций, как, например, в предлагаемой задаче.