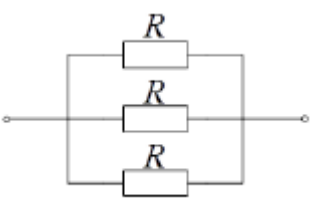
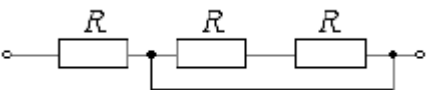
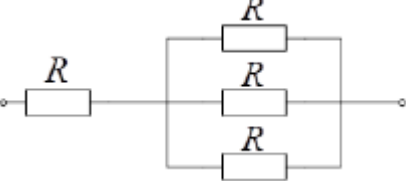
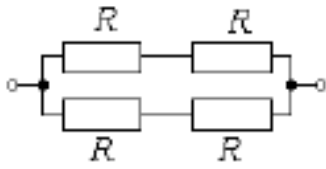
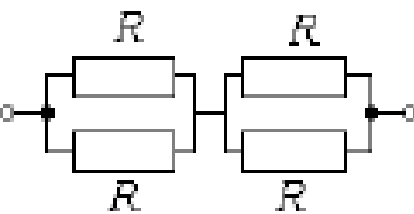


Институт электротехники и электрификации

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (очно-заочная форма)

Банк заданий по базовой части вступительного испытания в магистратуру

Задание № 1 – тест (10 баллов)		
Тесты по теме «Основные понятия и законы теории электрических цепей. Элементы и параметры цепей»		
1.1	<p>Определите эквивалентное сопротивление участка цепи (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. $3R$ Б. $R/3$ В. 0 Г. $2R$ Д. R</p>
1.2	<p>Определите эквивалентное сопротивление участка цепи (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. $3R$ Б. $R/3$ В. 0 Г. $2R$ Д. R</p>
1.3	<p>Определите эквивалентное сопротивление участка цепи (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. $4R$ Б. $3R$ В. $4R/3$ Г. $2R$ Д. R <u>Правильный ответ: В</u></p>
1.4	<p>Определите эквивалентное сопротивление участка цепи (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. $2R$ Б. R В. $4R$ Г. $R/2$ Д. $3R$</p>
1.5	<p>Определите эквивалентное сопротивление участка цепи (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. $2R$ Б. R В. $4R$ Г. $R/2$ Д. $3R$</p>

Пример решения Задания 1.3

На схеме представлена группа из трех параллельно соединенных резисторов сопротивлением R каждый, с этой группой последовательно соединен резистор сопротивлением R .

Эквивалентное сопротивление группы трех параллельно соединенных резисторов определяется как $R_{\text{паралл}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{R}{3}$. Суммируя это сопротивление с сопротивлением последовательно соединенного резистора (сопротивления последовательно соединенных элементов цепи суммируются), получим эквивалентное сопротивление участка цепи

$R_{\text{э}} = \frac{R}{3} + R = \frac{4}{3}R$. Правильным является ответ В.

При ответе на задание достаточно указать букву правильного ответа, не приводя выкладки.

Пример решения Задания 1.6

Расчет тока можно выполнить, пользуясь законом Ома и учитывая, что напряжение источника ЭДС представляет собой разность потенциалов его положительного и отрицательного полюсов. При последовательном соединении элементов электрической цепи напряжения на них суммируются.

Уравнение по закону Ома запишется в виде:

$$U = RI + E \quad (1)$$

Отсюда получим $I = \frac{U-E}{R} = \frac{5-10}{2} = -2,5$ А.

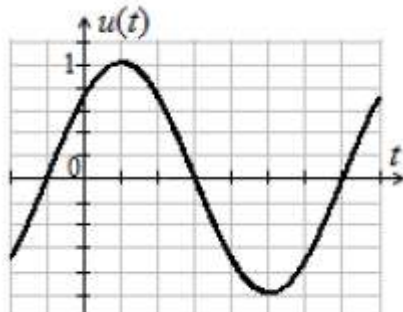
Правильным является ответ Б.

При ответе на задание достаточно указать букву правильного ответа, не приводя выкладки.

Задание № 2 – тест (10 баллов)

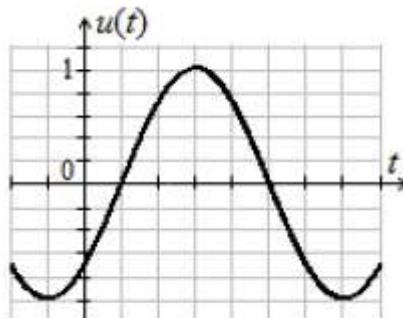
Тесты по теме «Линейные электрические цепи переменного тока. Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи»

2.1 Выберите из приведенного списка выражение мгновенного значения напряжения, временная диаграмма которого представлена:



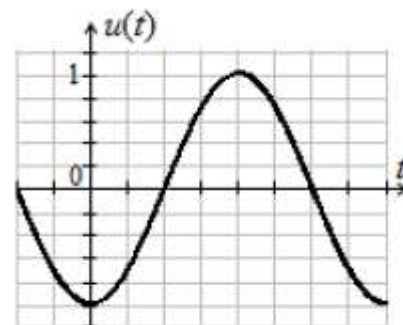
- А. $u(t) = 1 \sin(\omega t - 45^\circ)$ В
 - Б. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)$ В
 - В. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 45^\circ)$ В
 - Г. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ)$ В
 - Д. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 30^\circ)$ В
- Правильный ответ: В

2.2 Выберите из приведенного списка выражение мгновенного значения напряжения, временная диаграмма которого представлена:

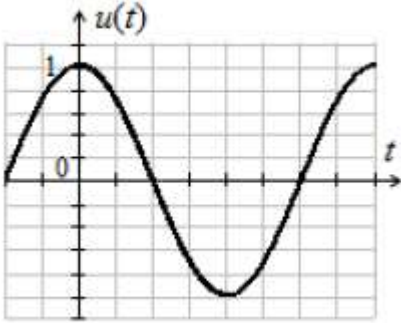
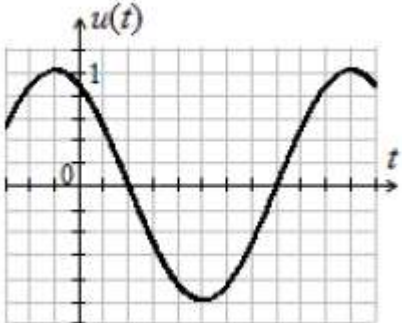
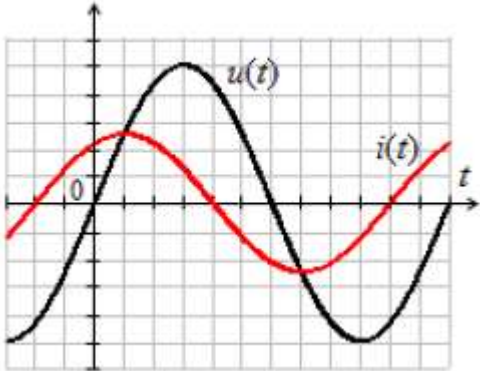


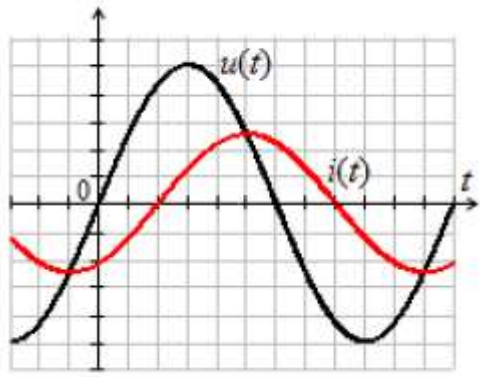
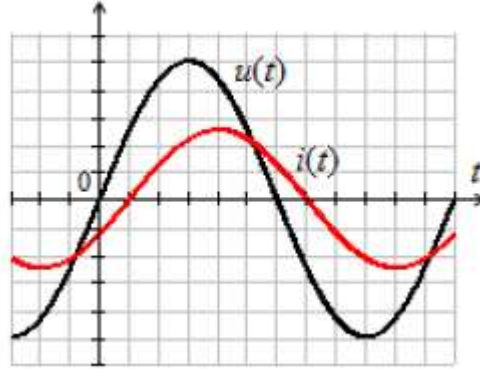
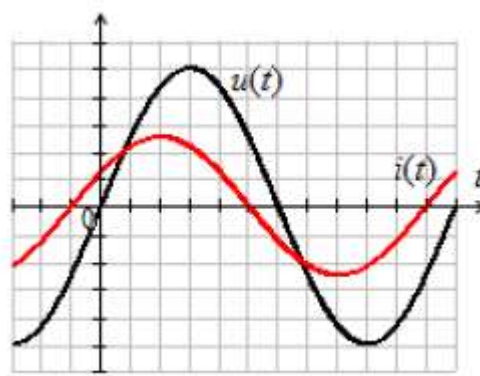
- А. $u(t) = 1 \sin(\omega t - 45^\circ)$ В
- Б. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)$ В
- В. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 45^\circ)$ В
- Г. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ)$ В
- Д. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 30^\circ)$ В

2.3 Выберите из приведенного списка выражение мгновенного значения напряжения, временная диаграмма которого представлена:

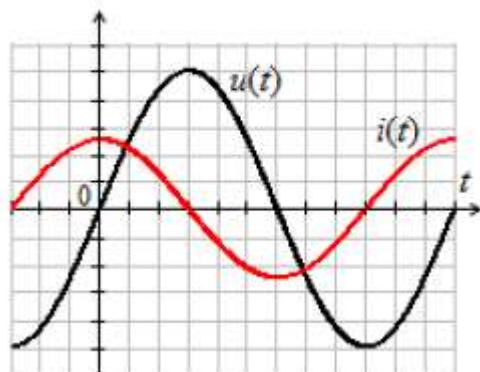


- А. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 90^\circ)$ В
- Б. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)$ В
- В. $u(t) = 1 \sin(\omega t - 90^\circ)$ В
- Г. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t - 90^\circ)$ В
- Д. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 30^\circ)$ В

2.4	<p>Выберите из приведенного списка выражение мгновенного значения напряжения, временная диаграмма которого представлена:</p> 	<p>А. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 90^\circ)$ В Б. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)$ В В. $u(t) = 1 \sin(\omega t - 90^\circ)$ В Г. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t - 90^\circ)$ В Д. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 30^\circ)$ В</p>
2.5	<p>Выберите из приведенного списка выражение мгновенного значения напряжения, временная диаграмма которого представлена:</p> 	<p>А. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 60^\circ)$ В Б. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 240^\circ)$ В В. $u(t) = 1 \sin(\omega t + 120^\circ)$ В Г. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ)$ В Д. $u(t) = \sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ)$ В</p>
<p>Тесты по теме «Линейные электрические цепи переменного тока. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением участков R, L и C»</p>		
2.6	<p>На рисунке приведены осциллограммы (кривые мгновенных значений) напряжения и тока нагрузки. Определите характер сопротивления нагрузки (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. Активно-индуктивный. Б. Активно-емкостной. В. Чисто индуктивный. Г. Чисто емкостной. Д. Чисто активный. <u>Правильный ответ: Б</u></p>

<p>2.7</p>	<p>На рисунке приведены осциллограммы (кривые мгновенных значений) напряжения и тока нагрузки. Определите характер сопротивления нагрузки (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. Активно-индуктивный. Б. Активно-емкостной. В. Чисто индуктивный. Г. Чисто емкостной. Д. Чисто активный.</p>
<p>2.8</p>	<p>На рисунке приведены осциллограммы (кривые мгновенных значений) напряжения и тока нагрузки. Определите характер сопротивления нагрузки (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. Активно-индуктивный. Б. Активно-емкостной. В. Чисто индуктивный. Г. Чисто емкостной. Д. Чисто активный.</p>
<p>2.9</p>	<p>На рисунке приведены осциллограммы (кривые мгновенных значений) напряжения и тока нагрузки. Определите характер сопротивления нагрузки (выберите правильный ответ из приведенных).</p> 	<p>А. Активно-индуктивный. Б. Активно-емкостной. В. Чисто индуктивный. Г. Чисто емкостной. Д. Чисто активный.</p>

2.10 На рисунке приведены осциллограммы (кривые мгновенных значений) напряжения и тока нагрузки. Определите характер сопротивления нагрузки (выберите правильный ответ из приведенных).



- А. Активно-индуктивный.
- Б. Активно-емкостной.
- В. Чисто индуктивный.
- Г. Чисто емкостной.
- Д. Чисто активный.

Пример решения задания 2.1

Выражение для мгновенного значения синусоидального напряжения имеет вид

$$u = A \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

где A – амплитудное значение напряжения, определяемое как наибольшее мгновенное значение напряжения;

φ – начальная фаза, определяемое как расстояние от нуля на оси времени до ближайшей точки изменения знака синусоидального сигнала с «минуса» на «плюс», причем если такая точка находится слева от нуля на оси времени, то начальная фаза положительна, если справа – отрицательна.

По приведенной осциллограмме определяем $A=1$, $\varphi=45^\circ$ (ближайшая к нулю на оси времени точка изменения знака сигнала с «минуса» на плюс расположена слева от нуля (т.е. начальная фаза положительна), расстояние до нее составляет 1 клетку, т.е. $\frac{1}{4}$ периода синусоиды, составляющего 180° , т.е. 45°).

Таким образом,

$$u = 1 \cdot \sin(\omega t + 45^\circ).$$

Правильным является ответ В.

При ответе на задание достаточно указать букву правильного ответа, не приводя выкладки.

Пример решения задания 2.6

В активно-индуктивных и индуктивных цепях синусоидального тока ток отстает по фазе от напряжения, т.е. начальная фаза тока отрицательна при нулевой начальной фазе напряжения (определение начальной фазы см. решение Задания 2.1). С увеличением отношения индуктивности к активному сопротивлению отставание тока по фазе растет и при чисто индуктивной нагрузке составляет 90° .

В активно-емкостных и емкостных цепях синусоидального тока происходит опережение током напряжения по фазе, т.е. начальная фаза тока положительна при нулевой начальной фазе напряжения. С увеличением отношения емкостного сопротивления к активному опережение напряжения током растет и при чисто емкостной нагрузке составляет 90° .

На приведенной осциллограмме происходит опережение током напряжения, но угол опережения меньше 90° . Поэтому можно считать нагрузку активно-емкостной.

Правильным является ответ Б.

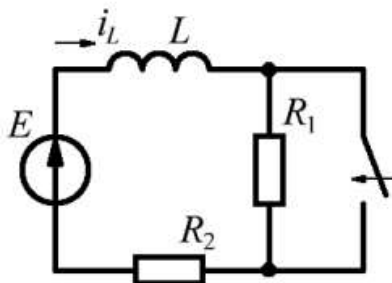
При ответе на задание достаточно указать букву правильного ответа, не приводя выкладки.

Задание № 3 – задача (10 баллов)

Задачи по теме «Линейные электрические цепи постоянного тока. Переходные процессы в линейных цепях постоянного тока»

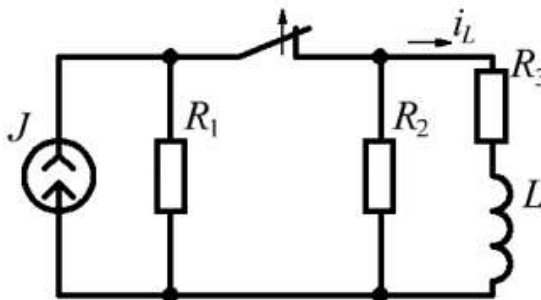
3.1

Найти ток $i_L(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $E = 100 \text{ В}$, $L = 2 \text{ мГн}$, $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$.



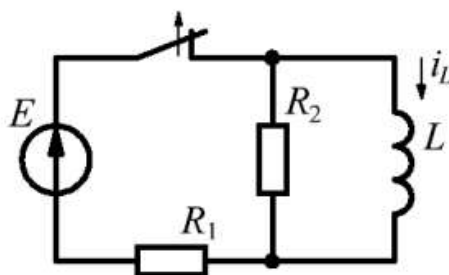
3.2

Найти ток $i_L(t)$ при размыкании ключа.
 Дано: $J = 5 \text{ А}$, $L = 6 \text{ мГн}$, $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$.



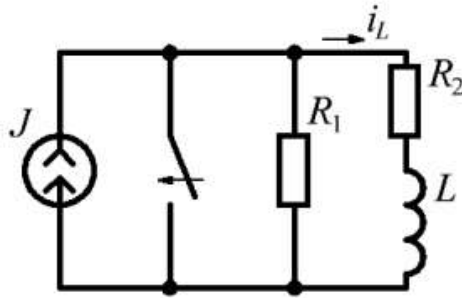
3.3

Найти ток $i_L(t)$ при размыкании ключа.
 Дано: $E = 20 \text{ В}$, $L = 2,4 \text{ мГн}$, $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$.



3.4

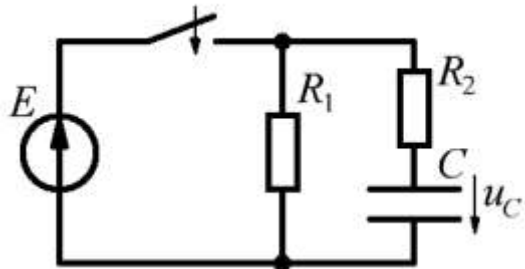
Найти ток $i_L(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $J=10$ А, $L=30$ мГн, $R_1=2$ Ом, $R_2=3$ Ом.



Ответ: $i_L(t) = 4e^{-100t}$ А.

3.5

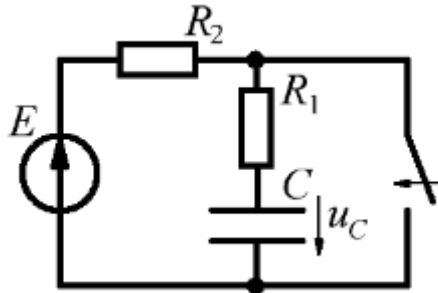
Найти напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $E=100$ В, $C=10$ мкФ, $R_1=12$ Ом, $R_2=8$ Ом.



Ответ: $u_C(t) = 100(1 - e^{-5000t})$ В.

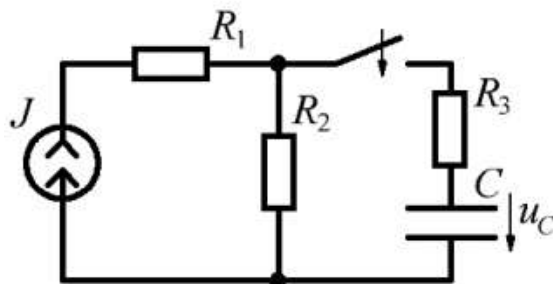
3.6

Найти напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $E=200$ В, $C=20$ мкФ, $R_1=5$ Ом, $R_2=25$ Ом.



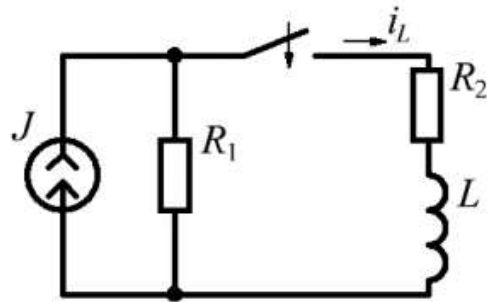
3.7

Найти напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $J=2$ А, $C=5$ мкФ, $R_1=2$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=10$ Ом.



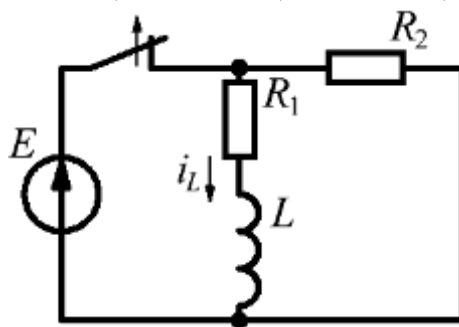
3.8

Найти ток $i_L(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $J = 30 \text{ А}$, $L = 3,6 \text{ мГн}$, $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$.



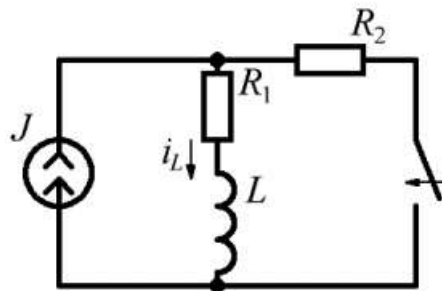
3.9

Найти ток $i_L(t)$ при размыкании ключа.
 Дано: $E = 100 \text{ В}$, $L = 24 \text{ мГн}$, $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$.



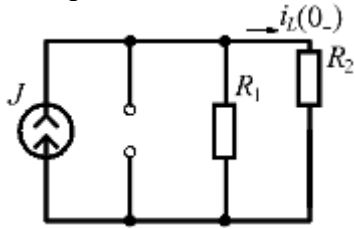
3.10

Найти ток $i_L(t)$ при замыкании ключа.
 Дано: $J = 4 \text{ А}$, $L = 0,8 \text{ мГн}$, $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$.



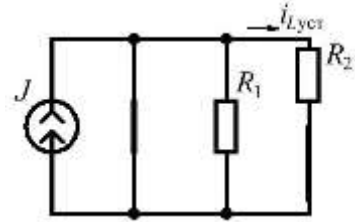
Пример выполнения Задания 3.4

1. Определение начальных условий



$$i_L(0_-) = i_L(0_+) = J \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 10 \frac{2}{2 + 3} = 4 \text{ A.}$$

2. Поиск установившегося режима.

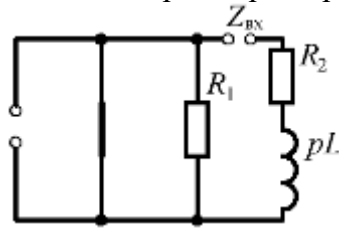


$$i_{L,уст} = 0 \text{ A.}$$

3. Уравнение для тока

$$i_L(t) = i_{L,уст} + i_{L,прех} = Ae^{pt}.$$

4. Поиск корня характеристического уравнения



$$Z_{вх} = pL + R_2 = 0; p = -R_2/L = -3/30 \cdot 10^{-3} = -100 \text{ 1/c}$$

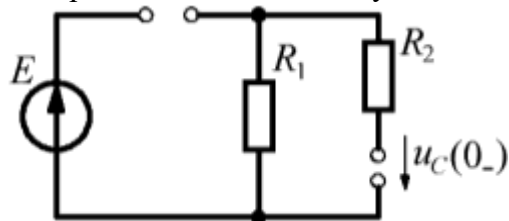
5. Поиск постоянной интегрирования

$$i_L(0) = 4 = Ae^0; A = 4.$$

Ответ: $i_L(t) = 4e^{-100t} \text{ A}$

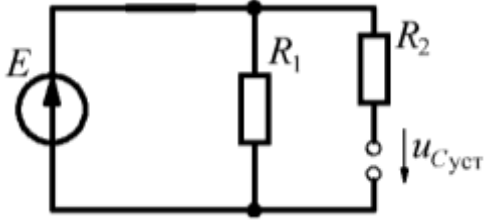
Пример выполнения Задания 3.5

1. Определение начальных условий



$$u_C(0_-) = u_C(0_+) = 0 \text{ В.}$$

2. Поиск установившегося режима.

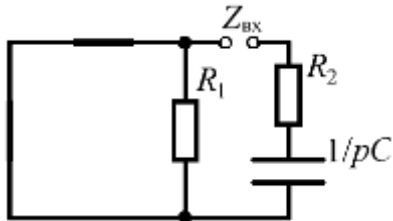


$$u_{\text{уст}} = E = 100 \text{ В.}$$

3. Уравнение для напряжения

$$u_C(t) = u_{\text{уст}} + u_{\text{спрех}} = 100 + Ae^{pt}.$$

4. Поиск корня характеристического уравнения



$$Z_{\text{вх}} = R_2 + 1/pC = 0; p = -\frac{1}{CR_2} = -\frac{1}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 8} = -12500 \text{ 1/с}$$

5. Поиск постоянной интегрирования

$$u_C(0) = 0 = 100 + Ae^0; A = -100.$$

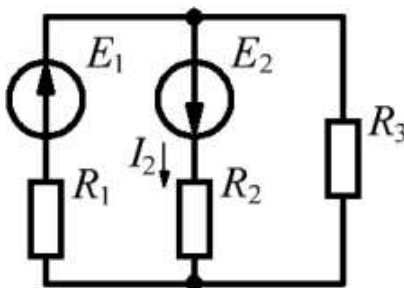
Ответ: $u_C(t) = 100(1 - e^{-12500t}) \text{ В}$

Задание № 4 – задача (10 баллов)

Задачи по теме «Линейные электрические цепи постоянного тока. Метод контурных токов»

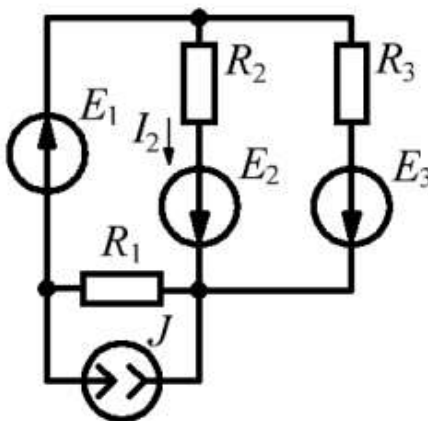
4.1

Найти ток I_2 методом контурных токов.
 Дано: $E_1 = 40$ В, $E_2 = 20$ В; $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 12$ Ом.



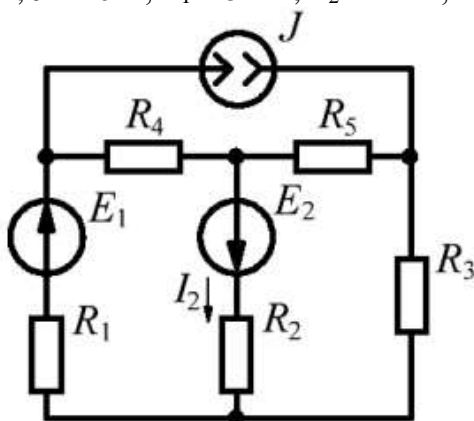
4.2

Найти ток I_2 методом контурных токов.
 Дано: $E_1 = 20$ В, $E_2 = 10$ В, $E_3 = 10$ В; $J = 10$ А; $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 10$ Ом.



4.3

Найти ток I_2 методом контурных токов.
 Дано: $E_1 = 20$ В, $E_2 = 10$ В; $J = 10$ А; $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 10$ Ом, $R_4 = R_5 = 1$ Ом.

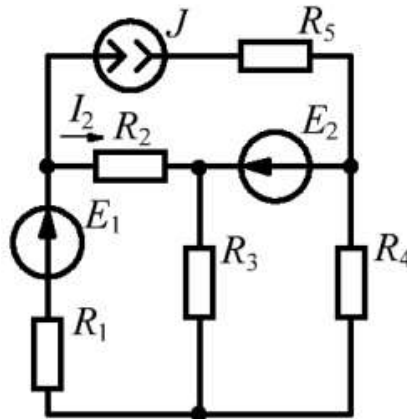


Ответ: $I_2 = 3,29$ А

4.4

Найти ток I_2 методом контурных токов.

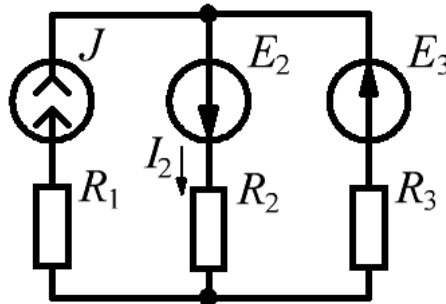
Дано: $E_1 = 100$ В, $E_2 = 20$ В; $J = 5$ А;
 $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 5$ Ом, $R_4 = 10$ Ом, $R_5 = 25$ Ом.



4.5

Найти ток I_2 методом контурных токов.

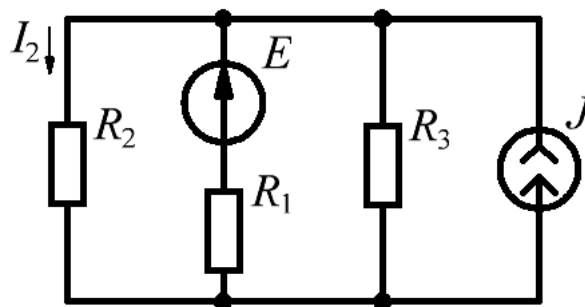
Дано: $E_2 = 16$ В, $E_4 = 4$ В; $J = 1$ А; $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 2$ Ом.



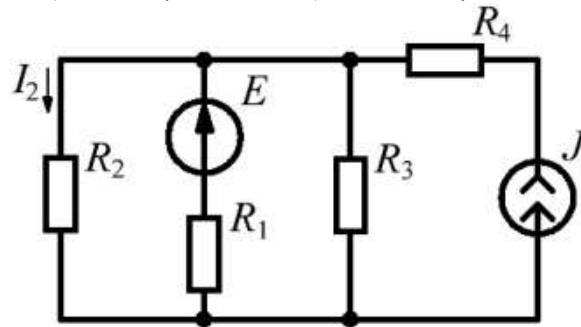
4.6

Найти ток I_2 методом контурных токов.

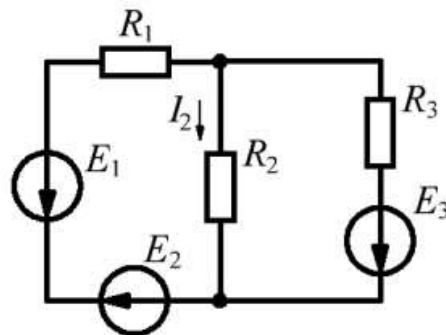
Дано: $E = 50$ В; $J = 5$ А; $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 4$ Ом.



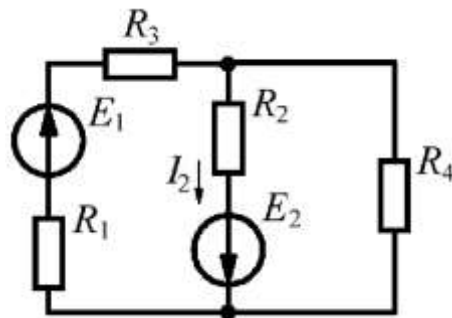
4.7

Найти ток I_2 методом контурных токов.Дано: $E = 50$ В; $J = 5$ А; $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 4$ Ом, $R_4 = 5$ Ом.

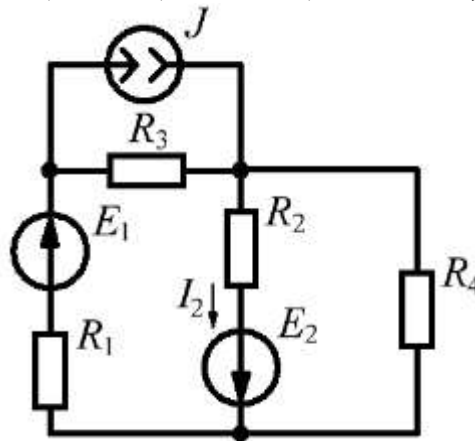
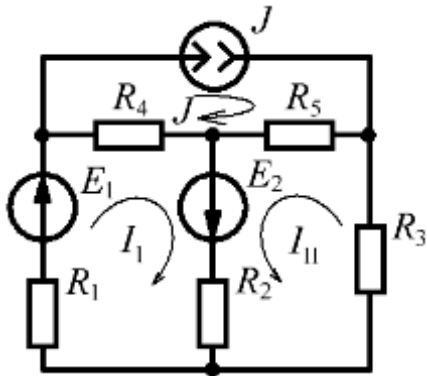
4.8

Найти ток I_2 методом контурных токов.Дано: $E_1 = 30$ В, $E_2 = 50$ В, $E_3 = 10$ В; $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_3 = 15$ Ом.

4.9

Найти ток I_2 методом контурных токов.Дано: $E_1 = 10$ В, $E_2 = 30$ В; $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 15$ Ом, $R_4 = 20$ Ом.

4.10

Найти ток I_2 методом контурных токов.Дано: $E_1 = 10$ В, $E_2 = 30$ В; $J = 2$ А; $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 15$ Ом, $R_4 = 20$ Ом.**Пример выполнения Задания 4.3**

$$\begin{cases} E_1 + E_2 = I_I(R_1 + R_2 + R_4) - JR_4 + I_{II}R_2; \\ E_2 = I_{II}(R_2 + R_3 + R_5) - JR_5 + I_I R_2. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 20 + 10 = I_I(5 + 4 + 1) - 10 * 1 + 4I_{II}; \\ 10 = I_{II}(4 + 10 + 1) + 10 * 1 + 4I_I. \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_I = 4,48 \text{ А}; \\ I_{II} = -1,19 \text{ А}. \end{cases}$$

$$I_2 = I_I + I_{II} = 4,48 - 1,19 = 3,29 \text{ А}.$$

Ответ: $I_2 = 3,29$ А

Банк заданий по специальной части вступительного испытания в магистратуру

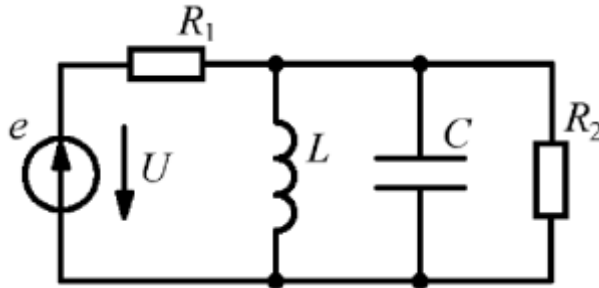
Задание № 5 – задача (10 баллов)

Задачи по теме «Резонанс токов и напряжений»

5.1

Найти частоту f_0 синусоидальной ЭДС $e(t)$, при которой имеет место резонанс токов, и действующее значение тока I_{R1} .

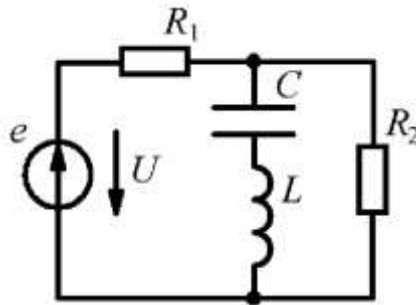
Дано: $U = 20$ В, $L = 0,2$ мГн, $C = 2$ мкФ, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 30$ Ом.



5.2

Найти частоту f_0 синусоидальной ЭДС $e(t)$, при которой имеет место резонанс напряжений, и действующее значение тока I_{R1} .

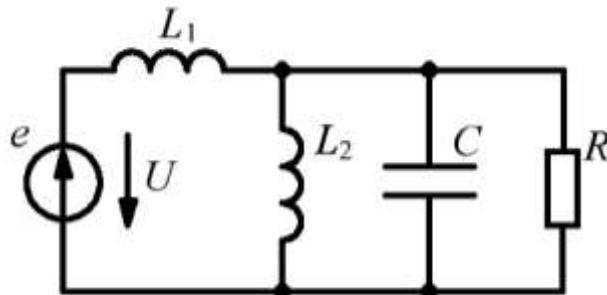
Дано: $U = 200$ В, $L = 4$ мГн, $C = 20$ мкФ, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 30$ Ом.



5.3

Найти частоту f_0 синусоидальной ЭДС $e(t)$, при которой имеет место резонанс токов, и действующее значение тока I_R .

Дано: $U = 50$ В, $L_1 = 2$ мГн, $L_2 = 0,2$ мГн, $C = 2$ мкФ, $R = 100$ Ом.

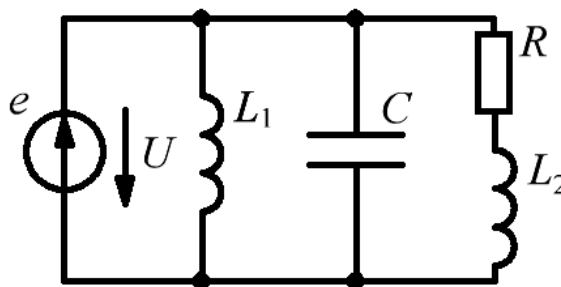


Ответ: $f_0 = 7960$ Гц, $I_R = 0,355$ А.

5.4

Найти частоту f_0 синусоидальной ЭДС $e(t)$, при которой имеет место резонанс токов, и действующее значение тока I_R .

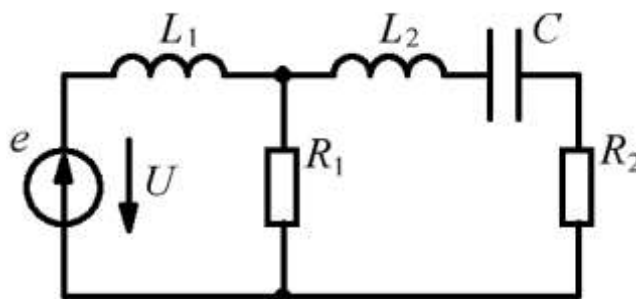
Дано: $U = 70$ В, $L_1 = 4$ мГн, $L_2 = 10$ мГн, $C = 40$ мкФ, $R = 100$ Ом.



5.5

Найти частоту f_0 синусоидальной ЭДС $e(t)$, при которой имеет место резонанс напряжений, и действующее значение тока I_{R2} .

Дано: $U = 100$ В, $L_1 = 10$ мГн, $L_2 = 0,4$ мГн, $C = 4$ мкФ, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 150$ Ом.

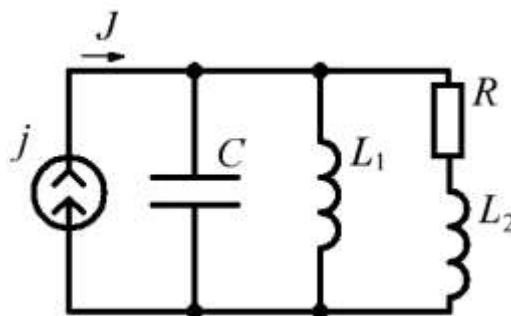


Ответ: $f_0 = 3980$ Гц, $I_{R2} = 0,156$ А.

5.6

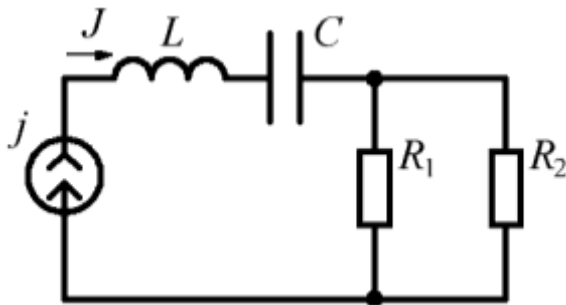
Найти частоту f_0 синусоидального тока источника $j(t)$, при которой имеет место резонанс токов, и действующее значение напряжения U_{L2}

Дано: $J = 2$ А, $L_1 = 0,1$ мГн, $L_2 = 0,5$ мГн, $C = 2,53$ мкФ, $R = 10$ Ом.



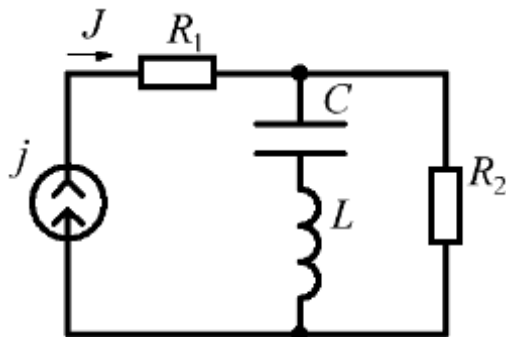
5.7

Найти частоту f_0 синусоидального тока источника $j(t)$, при которой имеет место резонанс напряжений, и действующее значение напряжения U_{R2}
 Дано: $J = 7$ А, $L = 1,6$ мГн, $C = 0,5$ мкФ, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 15$ Ом.



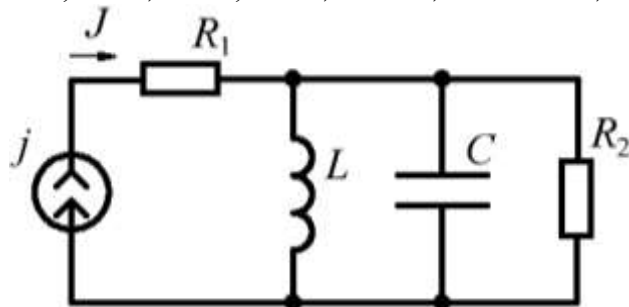
5.8

Найти частоту f_0 синусоидального тока источника $j(t)$, при которой имеет место резонанс напряжений, и действующее значение напряжения U_{R1}
 Дано: $J = 2$ А, $L = 0,1$ мГн, $C = 2,53$ мкФ, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 15$ Ом.



5.9

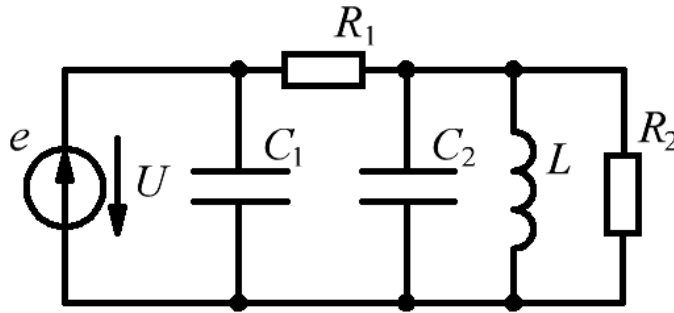
Найти частоту f_0 синусоидального тока источника $j(t)$, при которой имеет место резонанс токов, и действующее значение напряжения U_{R2}
 Дано: $J = 2$ А, $L = 0,1$ мГн, $C = 2,53$ мкФ, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 15$ Ом.



5.10

Найти частоту f_0 синусоидальной ЭДС $e(t)$, при которой имеет место резонанс токов, и действующее значение тока I_{R1} .

Дано: $U = 150$ В, $L = 0,4$ мГн, $C_1 = 4$ мкФ, $C_2 = 8$ мкФ, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 5$ Ом.



Пример выполнения Задания 5.3

При резонансе $X_{L2} = X_C$;

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 50 \cdot 10^3 \text{ рад/с};$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{50000}{2\pi} = 7960 \text{ Гц};$$

$$I_R = \frac{U}{\sqrt{(\omega_0 L_1)^2 + R^2}} = \frac{50}{\sqrt{(50 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3})^2 + 100^2}} = \frac{50}{100\sqrt{2}} = 0,355 \text{ A}$$

Ответ: $I_R = 0,355$ А.

Пример выполнения Задания 5.5

При резонансе $X_{L2} = X_C$;

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}} = \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}} = 25 \cdot 10^3 \text{ рад/с};$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{25000}{2\pi} = 3980 \text{ Гц};$$

$$I_L = \frac{U}{\sqrt{(\omega_0 L_1)^2 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{(25 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3})^2 + \left(\frac{100 \cdot 150}{100 + 150}\right)^2}} = \frac{100}{257} = 0,39 \text{ A}$$

$$I_{R2} = I_L \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,39 \frac{100}{250} = 0,156 \text{ A}$$

Ответ: $I_{R2} = 0,156$ А.

Задание № 6 – задача (15 баллов)*Определение потерь активной мощности и энергии в силовых трансформаторах*

6.1	Определить потери активной мощности в двухтрансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 630 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,3$ кВт, $\Delta P_{k3} = 8,5$ кВт, коэффициент загрузки $K_3 = 0,6$. Определить потери активной энергии за год при числе часов использования максимума $T_M = 5200$ ч.
6.2	Определить потери активной мощности в однострансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Трансформатор марки ТМ, мощностью 1000 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,7$ кВт, $\Delta P_{k3} = 10,5$ кВт, коэффициент загрузки $K_3 = 0,9$. Определить потери активной энергии за год при числе часов использования максимума $T_M = 4800$ ч.
6.3	Сравнить потери активной мощности в двухтрансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при различных коэффициентах загрузки подстанции - $K_{31} = 0,6$; $K_{32} = 0,4$. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 630 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,3$ кВт, $\Delta P_{k3} = 8,5$ кВт.
6.4	Сравнить потери активной мощности в однострансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при различных коэффициентах загрузки подстанции - $K_{31} = 0,7$; $K_{32} = 0,9$. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 630 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,3$ кВт, $\Delta P_{k3} = 8,5$ кВт.
6.5	Сравнить потери активной мощности в однострансформаторной подстанции ($K_3 = 0,8$) и двухтрансформаторной подстанции ($K_3 = 0,4$) с одинаковой мощностью трансформаторов. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 1000 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,7$ кВт, $\Delta P_{k3} = 10,5$ кВт.
6.6	Сравнить потери активной мощности в однострансформаторной подстанции ($K_3 = 0,9$) и двухтрансформаторной подстанции ($K_3 = 0,45$) с одинаковой мощностью трансформаторов. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 1600 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 2,1$ кВт, $\Delta P_{k3} = 16,5$ кВт.
6.7	Сравнить потери активной мощности в двухтрансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при различных коэффициентах загрузки подстанции - $K_{31} = 0,6$; $K_{32} = 0,4$. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 1600 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 2,1$ кВт, $\Delta P_{k3} = 16,5$ кВт.
6.8	Сравнить потери активной мощности в однострансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ при различных коэффициентах загрузки подстанции - $K_{31} = 0,7$; $K_{32} = 0,9$. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 1000 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,7$ кВт, $\Delta P_{k3} = 10,5$ кВт. Определить потери активной энергии за год при числе часов использования максимума $T_M = 5200$ ч.
6.9	Определить потери активной мощности в двухтрансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Трансформаторы марки ТМ, мощностью 1000 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 1,7$ кВт, $\Delta P_{k3} = 10,5$ кВт, коэффициент загрузки $K_3 = 0,5$. Определить потери активной энергии за год при числе часов использования максимума $T_M = 4500$ ч.
6.10	Определить потери активной мощности в однострансформаторной комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Трансформатор марки ТМ, мощностью 1600 кВ·А, $\Delta P_{xx} = 2,1$ кВт, $\Delta P_{k3} = 16,5$ кВт, коэффициент загрузки $K_3 = 0,9$. Определить потери активной энергии за год при числе часов использования максимума $T_M = 4800$ ч.

Пример выполнения Задания 6.1

1. Определяем коэффициент связи:

$$k_{cb} = \frac{X_M}{\sqrt{X_{L1} \cdot X_{L2}}} = \frac{3}{\sqrt{5 \cdot 4}} = 0,67.$$

2. Составляем уравнение по второму закону Кирхгофа с учетом согласного соединения индуктивных катушек:

$$\underline{U} = \underline{I} \cdot (R_1 + R_2 + jX_{L1} + jX_{L2} + 2jX_M - jX_C) = \underline{I} \cdot \underline{Z}_{ab}, \text{ откуда } \underline{I} = \underline{U} / \underline{Z}_{ab} = 20 / (6 + 13j) = \mathbf{1,4 \angle -65^\circ \text{ A.}}$$

Ответ:

1) $k_{CB} = 0,67$.

2) $\underline{I} = 1,4 \angle -65^\circ \text{ A}$.

3) $\underline{Z}_{ab} = 6 + 13j \text{ Ом}$.

Задание № 7 – задача (15 баллов)	
<i>Определение потерь активной мощности и энергии в линиях электропередач</i>	
7.1	Сравнить потери активной мощности в линии 10 кВ без компенсации и с компенсацией реактивной мощности. Принять: передаваемая активная мощность 1200 кВт, реактивная мощность до компенсации 900 квар, после компенсации 600 квар. Длина линии 100 м, активное сопротивление $r_0 = 0,21$ Ом/км.
7.2	Рассчитать потери активной энергии в линии 6 кВ за год. Принять: передаваемая максимальная мощность $S = 1000 + j550$ кВА. Длина линии 250 м, активное сопротивление $r_0 = 0,44$ Ом/км, число часов использования максимума 4000 ч.
7.3	На сколько уменьшатся потери мощности в кабельной линии электропередачи 20 кВ при снижении передаваемой активной и реактивной мощности на 50 %? Первоначально по линии передавалась мощность $S = 1200 + j600$ кВА. Длина линии 400 м, активное сопротивление $r_0 = 0,32$ Ом/км.
7.4	Сравнить потери активной мощности в линии 6 кВ без компенсации и с компенсацией реактивной мощности. Принять: передаваемая активная мощность 700 кВт, реактивная мощность до компенсации 500 квар, после компенсации 300 квар. Длина линии 100 м, активное сопротивление $r_0 = 0,44$ Ом/км.
7.5	Рассчитать потери активной энергии в линии 10 кВ за год. Принять: в максимальном режиме активная мощность 1000 кВт, реактивная мощность 400 квар. Длина линии 250 м, активное сопротивление $r_0 = 0,32$ Ом/км, число часов использования максимума 4500 ч.
7.6	На сколько уменьшатся потери электроэнергии в кабельной линии электропередачи 20 кВ при снижении передаваемой активной и реактивной мощности на 50 %? Первоначально по линии передавалась мощность $S = 1200 + j600$ кВА. Длина линии 500 м, активное сопротивление $r_0 = 0,21$ Ом/км.
7.7	Сравнить потери активной мощности в линии 20 кВ без компенсации и с компенсацией реактивной мощности. Принять: передаваемая активная мощность 1000 кВт, реактивная мощность до компенсации 750 квар, после компенсации 350 квар. Длина линии 180 м, активное сопротивление $r_0 = 0,32$ Ом/км.
7.8	Рассчитать потери активной энергии в линии 6 кВ за год. Принять: передаваемая мощность $S = 500 + j300$ кВА. Длина линии 250 м, активное сопротивление $r_0 = 0,21$ Ом/км, число часов использования максимума 5300 ч.
7.9	На сколько уменьшатся потери мощности в кабельной линии электропередачи 6 кВ при снижении передаваемой активной и реактивной мощности на 50 %? Первоначально по линии передавалась мощность $S = 500 + j200$ кВА. Длина линии 100 м, активное сопротивление $r_0 = 0,44$ Ом/км.
7.10	Рассчитать потери активной энергии в линии 20 кВ за год. Принять: передаваемая активная мощность 850 кВт, реактивная мощность 500 квар. Длина линии 300 м, активное сопротивление $r_0 = 0,32$ Ом/км, число часов использования максимума 5000 ч.
<u>Пример выполнения Задания 7.1</u>	
Активное сопротивление линии составляет: $R = 0,21 \cdot 0,1 = 0,021$ Ом. Потери мощности в линии	

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

До компенсации потери составили 472 Вт, или 0,47 кВт.

После компенсации 378 Вт, или 0,38 кВт.

Снижение потерь составляет 0,09 кВт.

Задание № 8 – задача (10 баллов)	
<i>Выбор электрооборудования (трансформаторов и кабельных линий)</i>	
8.1	К двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ подключены следующие расчетные нагрузки: $P_1=210$ кВт; $P_2=120$ кВт; $P_3=70$ кВт; $P_4=120$ кВт; $P_5=240$ кВт Средневзвешенный $\cos \varphi = 0,87$. Определить с учетом коэффициента одновременности полную мощность и выбрать мощность трансформаторов подстанции.
8.2	К однострансформаторной подстанции 6/0,4 кВ подключены следующие расчетные нагрузки: $P_1=150$ кВт; $P_2=100$ кВт; $P_3=120$ кВт; $P_4=100$ кВт Средневзвешенный $\cos \varphi = 0,7$. Определить с учетом коэффициента одновременности полную мощность и выбрать мощность трансформатора подстанции.
8.3	К подстанции 6/0,4 кВ для потребителей 1 категории подключены следующие расчетные нагрузки: $P_1=170$ кВт; $P_2=120$ кВт; $P_3=150$ кВт; $P_4=90$ кВт; $P_5=140$ кВт; $P_6=100$ кВт Средневзвешенный $\cos \varphi = 0,9$. Определить с учетом коэффициента одновременности полную мощность, выбрать число и мощность трансформаторов подстанции.
8.4	К подстанции для потребителей 3 категории 10/0,4 кВ подключены следующие расчетные нагрузки: $P_1=110$ кВт; $P_2=100$ кВт; $P_3=170$ кВт; $P_4=50$ кВт Средневзвешенный $\cos \varphi = 0,85$. Определить с учетом коэффициента одновременности полную мощность, выбрать число и мощность трансформаторов подстанции.
8.5	К двухтрансформаторной подстанции 10/0,4 кВ подключены следующие расчетные нагрузки: $P_1=210$ кВт; $P_2=220$ кВт; $P_3=270$ кВт; $P_4=120$ кВт; $P_5=140$ кВт Средневзвешенный $\cos \varphi = 0,7$. Определить с учетом коэффициента одновременности полную мощность и выбрать мощность трансформаторов подстанции.
8.6	Объект мощностью $S=1500+j600$ кВА запитан двумя кабелями АВВГ на напряжении 10 кВ. Выбрать сечение кабеля по экономической плотности тока $1,4$ А/мм ² .
8.7	Объект мощностью $P = 900$ кВт; $Q = 400$ квар запитан одним кабелем АВВГ на напряжении 10 кВ. Выбрать сечение кабеля по экономической плотности тока $1,4$ А/мм ² .
8.8	Объект мощностью $S=1600+j700$ кВА запитан одним кабелем ВВГ на напряжении 10 кВ. Выбрать сечение кабеля по экономической плотности тока $2,0$ А/мм ² .
8.9	Объект мощностью $S=800+j450$ кВА запитан двумя кабелями ВВГ на напряжении 6 кВ. Выбрать сечение кабеля по экономической плотности тока $1,4$ А/мм ² .
8.10	Объект мощностью $P = 1500$ кВт; $Q = 700$ квар запитан двумя кабелями АВВГ на напряжении 6 кВ. Выбрать сечение кабеля по экономической плотности тока $1,4$ А/мм ² .
<u>Пример решения задания 8.1</u>	
<p>Для определения полной расчетной нагрузки подстанции сложим расчетные нагрузки с коэффициентом одновременности 0,9: $P_p = (170+120+150+90+140+100) \cdot 0,9 = 770$ кВт. Полная мощность $S_p = P_p / \cos \varphi = 855,6$ кВА. Для потребителей 1 категории необходимо иметь 2 трансформатора.</p>	

Мощность каждого трансформатора определяется с учетом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме. Для масляного трансформатора коэффициент перегрузки не должен превышать 1,4:

$$S_{\text{тр}} \geq S_p / 1,4.$$

Соответственно, мощность каждого трансформатора должна быть

$$S_{\text{тр}} \geq 611 \text{ кВА}.$$

(рекомендуется также указать, что необходимо выбрать два трансформатора по 630 кВА – из стандартного ряда мощностей трансформаторов).

Пример решения задания 8.6

Необходимо выбрать кабель по экономической плотности тока с учетом тока по одному кабелю в рабочем режиме:

$$I_p = \sqrt{P^2 + Q^2} / n (\sqrt{3}U) = \sqrt{1500^2 + 600^2} / 2 (1,73 \cdot 10) = 46,7 \text{ А},$$

где $n = 2$ – число кабелей.

$$\text{Тогда сечение кабеля составит } I_p / j_{\text{эк}} = 46,7 / 1,4 = 33 \text{ мм}^2.$$

(рекомендуется также привести стандартное значение сечения - 35 мм²).

Задание № 9 – по выбору (10 баллов)*Компенсация реактивной мощности и показатели графиков нагрузки*

9.1	Объект подключен к энергосистеме на напряжении 35 кВ. Мощность объекта $S=8400+j6200$ кВА. Определить необходимую мощность устройств компенсации РМ при требуемом $\text{tg } \varphi = 0,4$.
9.2	Предприятие подключено к энергосистеме на напряжении 110 кВ. Расчетная мощность предприятия $P = 12000$ кВт; $Q = 9100$ квар. Определить необходимую мощность устройств компенсации РМ при требуемом $\text{tg } \varphi = 0,5$.
9.3	Завод подключен к энергосистеме на напряжении 20 кВ. Мощность завода $S=7200+j3500$ кВА. Определить необходимую мощность устройств компенсации РМ при требуемом $\text{tg } \varphi = 0,4$.
9.4	Предприятие подключено к энергосистеме на напряжении 10 кВ. Мощность объекта $P = 1200$ кВт; $Q = 700$ квар Определить необходимую мощность устройств компенсации РМ при требуемом $\text{tg } \varphi = 0,35$.
9.5	Объект подключен к энергосистеме на напряжении 110 кВ. Мощность объекта $S=16500+j9000$ кВА. Определить необходимую мощность устройств компенсации РМ при требуемом $\text{tg } \varphi = 0,5$.
9.6	За год на объекте потребление активной энергии составило 4680 тыс. кВт·ч. Мощность объекта $S=900+j200$ кВА Определить число часов использования максимума и число часов наибольших потерь.
9.7	За год потребление активной энергии заводом составило 58 800 тыс. кВт·ч. Мощность завода $P = 12000$ кВт; $Q = 9100$ квар. Определить число часов использования максимума и число часов наибольших потерь.
9.8	За год на объекте потребление активной энергии составило 48 680 тыс. кВт·ч. Мощность объекта $S=7200+j3500$ кВА Определить число часов использования максимума и число часов наибольших потерь.
9.9	За год на объекте потребление активной энергии составило 5180 тыс. кВт·ч. Мощность объекта $S=950+j400$ кВА Определить число часов использования максимума и число часов наибольших потерь.
9.10	За год потребление активной энергии заводом составило 34 525 тыс. кВт·ч. Мощность завода $P = 7325$ кВт; $Q = 5121$ квар. Определить число часов использования максимума и число часов наибольших потерь.

Пример решения Задания 9.1

Требуемый $\text{tg } \varphi = 0,4$, следовательно, объект должен получать от энергосистемы реактивную мощность не более требуемой величины:

$$Q_{\text{сист}} = P \cdot \text{tg } \varphi = 8400 \cdot 0,4 = 3360 \text{ квар.}$$

Расчетная реактивная мощность объекта $Q = 6200$ квар, следовательно, требуемая мощность устройств компенсации

$$Q_{\text{КУ}} = Q - Q_{\text{сист}} = 6200 - 3360 = 2840 \text{ квар.}$$

Пример решения Задания 9.6

Число часов использования максимума определяется следующим образом:

$$T_{\text{М}} = W_{\text{год}} / P_{\text{М}} = 4680 / 900 = 5200 \text{ ч.}$$

Число часов наибольших потерь:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{М}}/10000)^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5200/10000)^2 \cdot 8760 = 3634 \text{ ч.}$$

