

**Институт
электроэнергетики**

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

**Банк заданий по специальной части вступительного испытания в
магистратуру**

Базовая часть

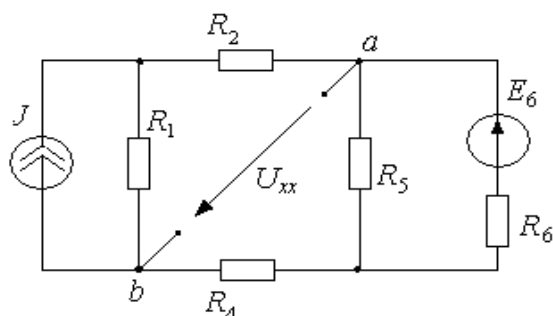
Задания экзаменационного билета №1 (6 баллов)

Задание 1.1

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: $J=10$ А, $R_1=5$ Ом, $R_2=3$ Ом, $R_4=2$ Ом, $R_5=12$ Ом, $R_6=12$ Ом, $E_6=36$ В



Определить параметры активного двухполюсника ($U_{xx} = U_{ab}$, $R_{вх}$) относительно узлов a, b

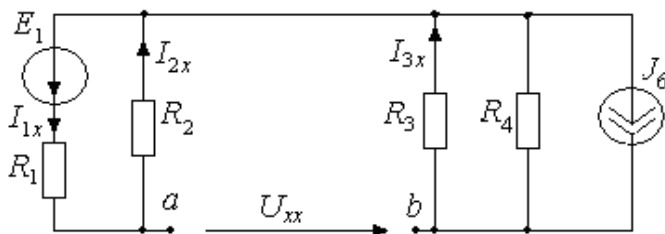
Ответ: $U_{xx}=34$ В, $R_{вх}=4$ Ом

Задание 1.2

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 12$ Ом, $R_4 = 4$ Ом, $E_1 = 24$ В, $J_6 = 2$ А



Определить параметры активного двухполюсника ($U_{xx} = U_{ab}$, $R_{вх}$) относительно узлов a, b

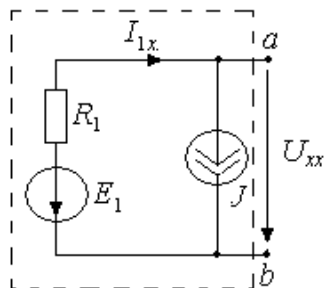
Ответ: $U_{xx}=6$ В, $R_{вх}=6$ Ом

Задание 1.3

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $E_1 = 20 \text{ В}$, $J = 6 \text{ А}$



Определить параметры активного двухполюсника ($U_{xx} = U_{ab}$, $R_{вх}$) относительно узлов a, b

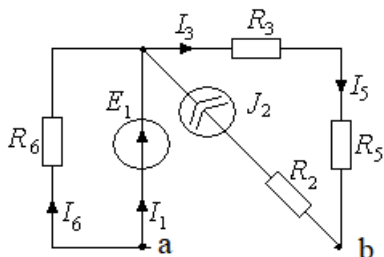
Ответ: $U_{xx} = -32 \text{ В}$, $R_{вх} = 2 \text{ Ом}$

Задание 1.4

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 12 \text{ Ом}$, $R_6 = 4 \text{ Ом}$, $E_1 = 24 \text{ В}$, $J_2 = 2 \text{ А}$



Определить параметры активного двухполюсника ($U_{xx} = U_{ab}$, $R_{вх}$) относительно узлов a, b

Ответ: $U_{xx} = U_{ab} = 12 \text{ В}$, $R_{вх} = 18 \text{ Ом}$

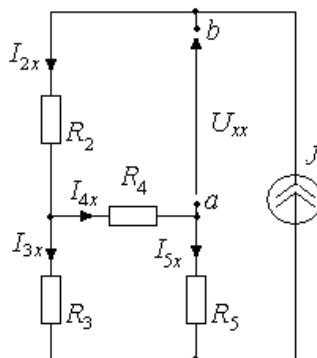
Задание 1.5

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_5 = 6 \text{ Ом}$,

$R_3 = 12 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $J = 2 \text{ А}$



Определить параметры активного двухполюсника (U_{xx} , $R_{вх}$) относительно узлов a, b

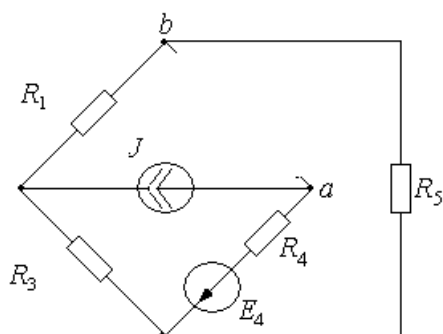
Ответ: $U_{xx} = -14 \text{ В}$, $R_{вх} = 8,5 \text{ Ом}$

Задание 1.6

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$, $R_4 = 5 \text{ Ом}$, $R_5 = 8 \text{ Ом}$, $E_4 = 13 \text{ В}$, $J = 3 \text{ А}$



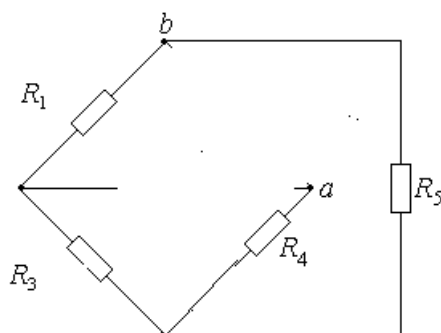
Определить параметры активного двухполюсника ($U_{xx} = U_{ab}$, $R_{вх}$) относительно узлов a, b

Решение задания 1.6.

Рассчитаем $U_{xx} = U_{ab}$

$$U_{xx} = U_{ab} = -J \frac{R_3}{R_1 + R_3 + R_5} R_5 - E - JR_4 = -3 \frac{4}{4 + 4 + 8} 8 - 13 - 3 * 5 = -34 \text{ В.}$$

Нарисуем схему для расчета $R_{вх}$



$$R_{вх} = \frac{(R_1 + R_3) R_5}{R_1 + R_3 + R_5} + R_4 = \frac{(4 + 4) 8}{4 + 4 + 8} + 5 = 9 \text{ Ом.}$$

Ответ: $U_{xx} = -34 \text{ В}$, $R_{вх} = 9 \text{ Ом}$

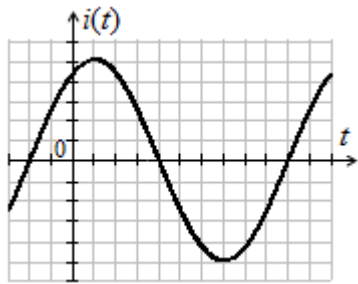
Задания экзаменационного билета №2 (6 баллов)

Задание 2.1

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: На рисунке приведена кривая мгновенного значения тока линейного пассивного двухполюсника, амплитуда тока $I_m = 20\sqrt{2} \text{ А}$. Активная и реактивная мощности линейного пассивного двухполюсника $P = 1 \text{ кВт}$, $Q = 1 \text{ кВар}$.



Определить мгновенное значение входного напряжения двухполюсника.

Ответ: $u(t) = 100\sin(\omega t + 105^\circ)$ В

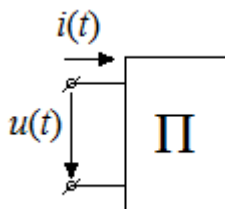
Задание 2.2

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: Известны мгновенные значения напряжения и тока: $u(t) = 300\sqrt{2}\sin(314t + 75^\circ)$ В,

$i(t) = 20\sqrt{2}\sin(314t + 30^\circ)$ А.



Определить комплексную мощность двухполюсника и параметры R, L последовательной схемы замещения двухполюсника.

Ответ: $\underline{S} = 6000\angle 45^\circ$ ВА, $R = 10,61$ Ом, $L = 33,8$ мГн

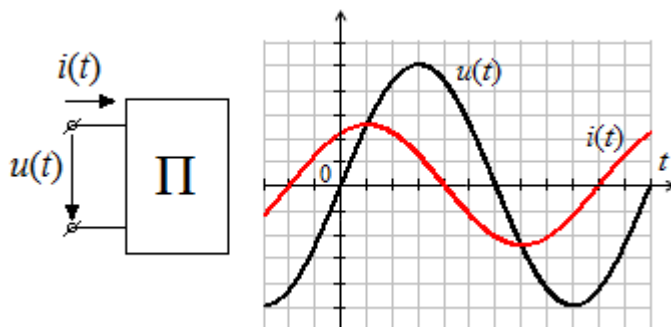
Задание 2.3

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: На рисунке приведены кривые мгновенных значений напряжения и тока пассивного двухполюсника (Π), амплитуды синусоидального напряжения и тока

$U_m = 127\sqrt{2}$ В, $I_m = 10\sqrt{2}$ А.



Определить комплексное сопротивление двухполюсника, комплексную, активную и реактивную мощности двухполюсника.

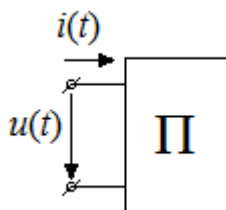
Ответ: $\underline{Z} = 12,7\angle 60^\circ = 6,35 + j11$ Ом, $\underline{S} = 1270\angle 60^\circ$ ВА, $P = 635$ Вт, $Q = 1100$ Вар

Задание 2.4

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: Известны мгновенные значения напряжения и тока: $u(t) = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ)$ В,
 $i(t) = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ)$ А.



Определить активную, реактивную, полную и комплексную мощности двухполюсника.

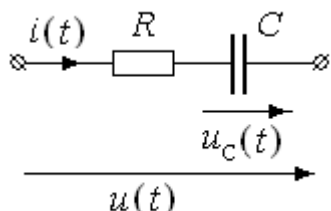
Ответ: $P = 500$ Вт, $Q = -866$ Вар, $S = 1000$ ВА, $\underline{S} = 1000 \angle -60^\circ$ ВА

Задание 2.5

Текст задания

Задание базовой части (простое)

Дано: В пассивном двухполюснике с последовательным соединением $R = 10$ Ом и $C = 318$ мкФ (см. рисунок) мгновенное значение напряжения на емкостном элементе $u_C(t) = 50 \sin 314t$ В.



Определить мгновенную и активную мощности двухполюсника.

Ответ: $p(t) = 50\sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) \cdot 50 \sin(\omega t + 90^\circ) = 125 - 125\sqrt{2} \sin(2\omega t + 135^\circ)$ Вт, $P = 125$ Вт

Задание 2.6

Текст задания

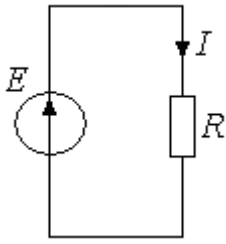
Задание базовой части (простое)

Дано:

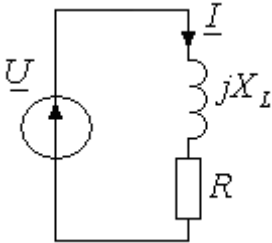
Неидеальная катушка подключается сначала к источнику постоянного напряжения 100 В, а затем к источнику синусоидального напряжения частотой 50 Гц с действующим значением 100 В. В первом случае ток равен 5 А, во втором 4 А.

Определить индуктивное сопротивление и индуктивность катушки. Активное сопротивление катушки считать равным ее сопротивлению постоянному току.

Решение задания 2.6. Расчетная схема с источником постоянного напряжения имеет вид ($u_L = 0$):



Следовательно, активное сопротивление катушки $R = \frac{E}{I} = \frac{100}{5} = 20 \text{ Ом}$.



Комплексная расчетная схема с источником синусоидального напряжения $u = 100\sqrt{2} \sin \omega t \text{ В}$ ($\omega = 2\pi f = 314 \text{ рад/с}$) имеет вид:

Комплексные действующие значения напряжения и тока, комплексное сопротивление:

$$\underline{U} = 100 \angle 0 \text{ В}, \quad \underline{I} = 4 \angle \varphi_i \text{ А}, \quad \underline{Z} = \frac{U}{I} = R + jX_L = Z \angle (\varphi_u - \varphi_i).$$

В свою очередь, $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \frac{U}{I} = \frac{100}{4} = 25 \text{ Ом}$, индуктивное сопротивление $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{25^2 - 20^2} = 15 \text{ Ом}$, индуктивность $L = \frac{X_L}{\omega} = 47,8 \text{ мГн}$.

Ответ: $X_L = \omega L = 15 \text{ Ом}$, $L = 47,8 \text{ мГн}$.

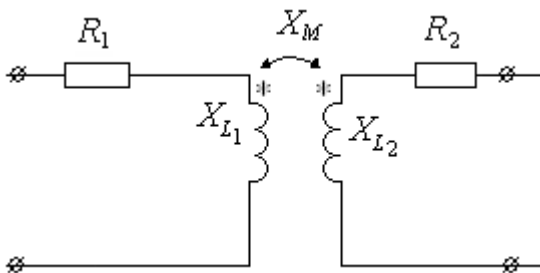
Задания экзаменационного билета №3 (14 баллов)

Задание 3.1

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: $R_1 = 60 \text{ Ом}$, $X_{L1} = 60 \text{ Ом}$, $R_2 = 90 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 45 \text{ Ом}$, $k_{cs} = 0,5$.



Определить входное сопротивление воздушного трансформатора, вносимое сопротивление из вторичной цепи в первичную.

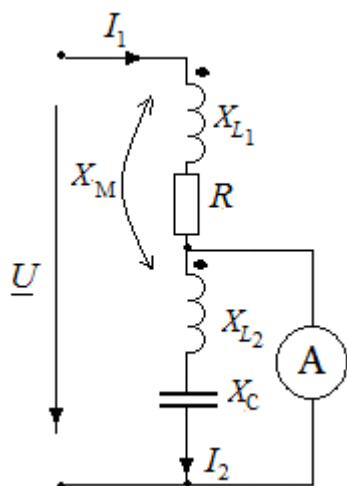
Ответ: $\underline{Z}_{\text{вх}} = 87,21 \angle 40,8^\circ = 66 + j57 \text{ Ом}$, $\underline{Z}_{\text{внос}} = 6,71 \angle -26,6^\circ = 6 - j3 \text{ Ом}$

Задание 3.2

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: $R = 25 \text{ Ом}$, $X_{L1} = 20 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 20 \text{ Ом}$, $X_C = 40 \text{ Ом}$, $X_M = 10 \text{ Ом}$. Показание амперметра 1 А.



Определить комплекс входного напряжения \underline{U} .

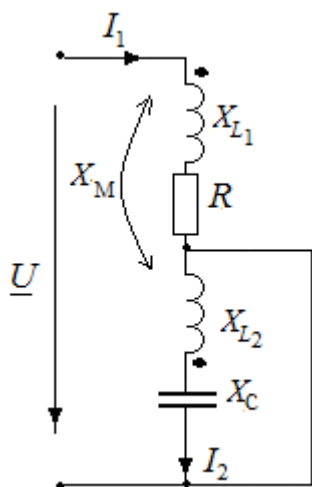
Ответ: $\underline{U} = 50 + j50 = 50\sqrt{2}\angle 45^\circ = 70,7\angle 45^\circ$ В

Задание 3.3

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: $R = 15$ Ом, $X_L = 20$ Ом, $X_{L2} = 40$ Ом, $X_C = 20$ Ом, $X_M = 10$ Ом.



Определить комплексное входное сопротивление двухполюсника

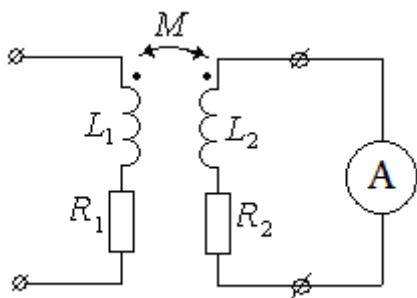
Ответ: $\underline{Z}_{\text{вх}} = 15 + j5 = 15\sqrt{2}\angle 45^\circ = 21,21\angle 45^\circ$ Ом

Задание 3.4

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: $\omega L_1 = 100$ Ом, $\omega L_2 = 400$ Ом, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 80$ Ом, $k_{cs} = 0,5$. Показание амперметра 0,1 А.



Определить комплексы тока и напряжения первичной цепи трансформатора.

Ответ: $\underline{U}_1 = -160 - j284 = 325,97 \angle -119,4^\circ$ В, $\underline{I}_1 = -4 - j0,8 = 4,08 \angle 168,7^\circ$ А

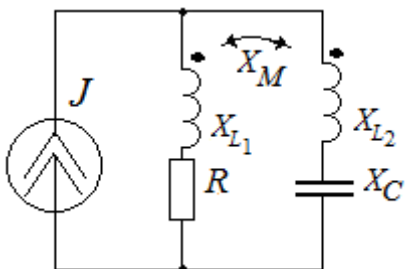
Задание 3.5

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: $R = 10$ Ом, $X_{L1} = 20$ Ом, $X_{L2} = 40$ Ом, $X_C = 20$ Ом, $X_M = 10$ Ом. Ток источника тока

$J = 4$ А.



Определить активную мощность источника тока.

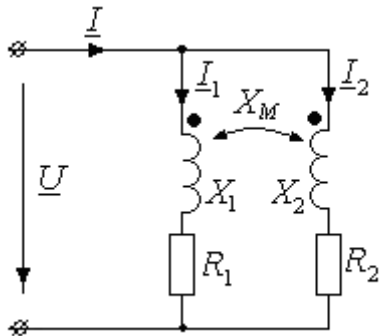
Ответ: $P = 31,89$ Вт

Задание 3.6

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: $\underline{U} = 100 \angle 0^\circ$ В, $X_1 = 12$ Ом, $X_2 = 8$ Ом, $R_1 = 9$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $X_M = 7$ Ом. Рассчитать комплексы токи ветвей и активную мощность источника.



Решение задания 3.6.

1. Запишем систему уравнений по второму закону Кирхгофа для двух контуров цепи с учетом напряжения взаимной индукции:

$$(R_1 + jX_1)I_1 + jX_M I_2 = \underline{U} \Rightarrow (9 + j12)I_1 + j7I_2 = 100$$

$$jX_M I_1 + (R_2 + jX_2)I_2 = \underline{U} \Rightarrow j7I_1 + (6 + j8)I_2 = 100$$

2. Решаем систему уравнений, определяем комплексные токи:

$$\underline{I}_1 = 0,91 - j4,15 = 4,25 \angle -77,7^\circ \text{ A,}$$

$$\underline{I}_2 = 3,77 - j6,08 = 7,15 \angle -58,2^\circ \text{ A,}$$

$$\underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = 4,67 - j10,23 = 11,25 \angle -65,4^\circ \text{ A.}$$

3. Активная мощность источника $P = UI \cos(\varphi_u - \varphi_i) = 100 \cdot 11,25 \cos(65,4^\circ) = 468,3 \text{ Вт.}$

Ответ: $\underline{I}_1 = 4,25 \angle -77,7^\circ \text{ A}$, $\underline{I}_2 = 7,15 \angle -58,2^\circ \text{ A}$, $\underline{I} = 11,25 \angle -65,4^\circ \text{ A}$, активная мощность источника 468,3 Вт.

Задания экзаменационного билета №4 (14 баллов)

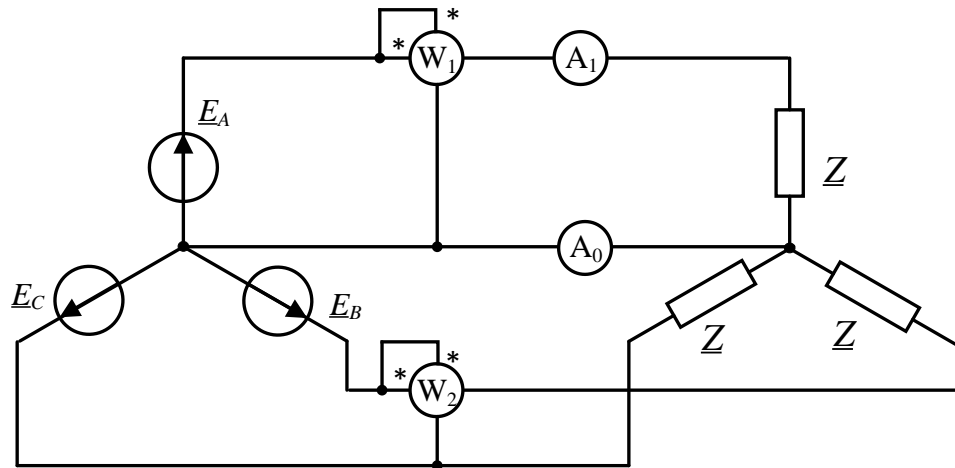
Задание 4.1

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$, комплексное сопротивление симметричной нагрузки $\underline{Z} = 8 + j6 \text{ Ом}$.

Определить показания всех приборов. Составить баланс активной мощности трехфазной цепи.



Ответ: $A_1 = I_A = 22 \text{ A}$, $A_0 = I_N = 0$, $P_{W_1} = 3870,5 \text{ Вт}$, $P_{W_2} = 3280 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} = 11611,4 \text{ Вт}$, $P_{\text{н}} = 11616 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} \cong P_{\text{н}}$

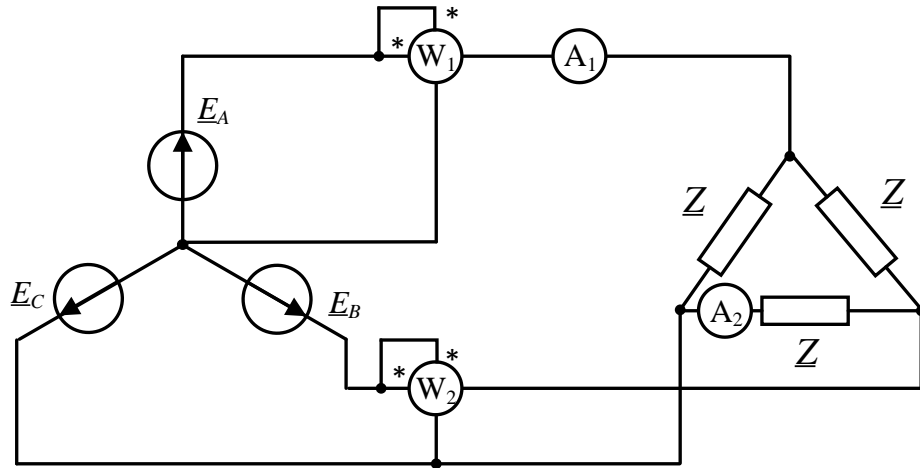
Задание 4.2

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: Фазная ЭДС в трехфазной цепи $E_{\phi} = 100 \text{ В}$, комплексное сопротивление симметричной нагрузки $\underline{Z} = 15 + j15 \text{ Ом}$.

Определить показания всех приборов. Составить баланс активной мощности трехфазной цепи.



Ответ: $A_1 = I_A = 14,13 \text{ A}$, $A_2 = I_{BC} = 8,16 \text{ A}$, $P_{W_1} = 1000 \text{ Вт}$, $P_{W_2} = 632,68 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} = 2997 \text{ Вт}$, $P_{\text{н}} = 2996 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} \cong P_{\text{н}}$

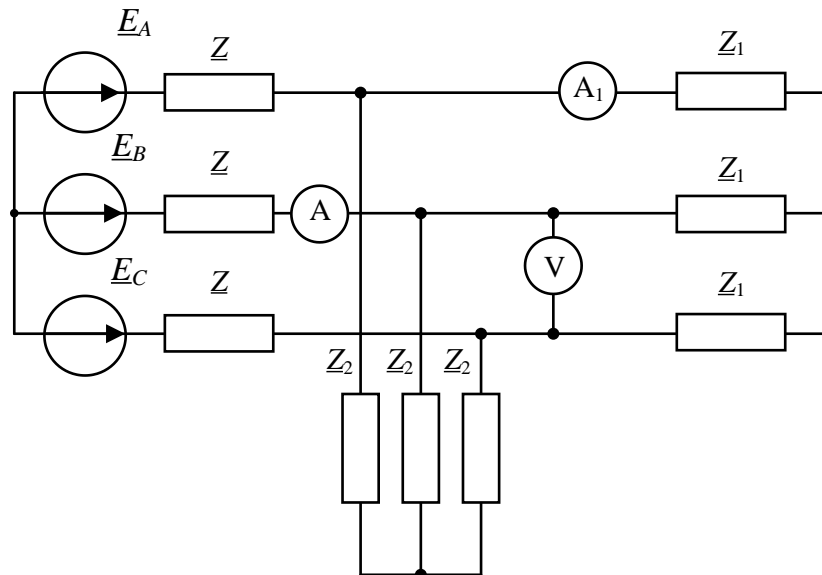
Задание 4.3

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

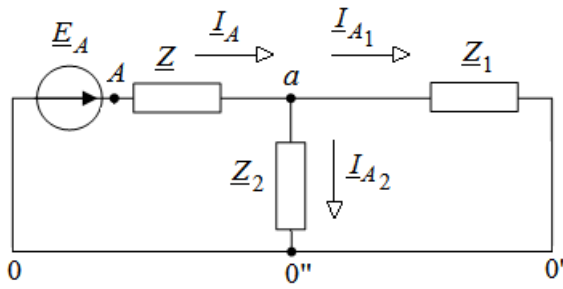
Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$; $Z_1 = 10 + j10 \text{ Ом}$
 $Z_2 = -j10 \text{ Ом}$, $Z = 5 \text{ Ом}$.

Составить эквивалентную схему на одну фазу и **определить** показания всех приборов.



Ответ: $A = I_B = 12,2 \text{ A}$, $A_1 = I_{A_1} = 10,06 \text{ A}$, $V = U_{bc} = 246,37 \text{ В}$

Эквивалентная схема на фазу А



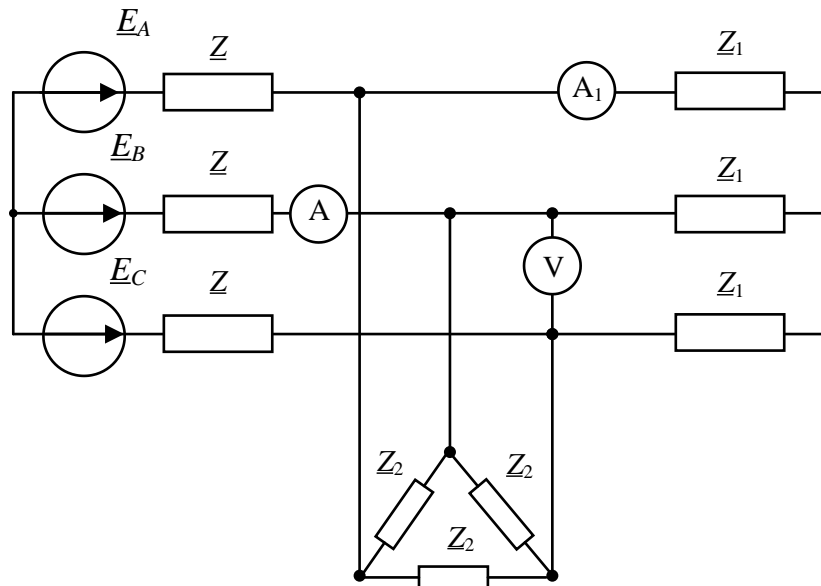
Задание 4.4

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

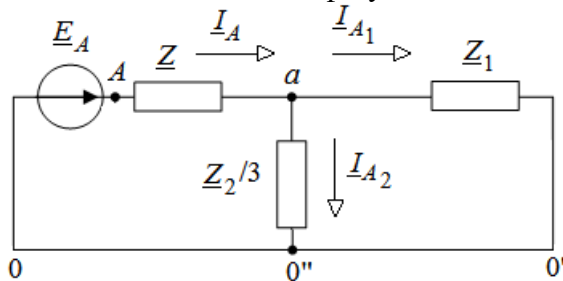
Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$; $Z_1 = 10 + j10 \text{ Ом}$
 $Z_2 = 30 - j30 \text{ Ом}$, $Z = 5 \text{ Ом}$.

Составить эквивалентную схему на одну фазу и **определить** показания всех приборов.



Ответ: $A = I_B = 14,67 \text{ А}$, $A_1 = I_{A_1} = 10,37 \text{ А}$, $V = U_{bc} = 253,71 \text{ В}$

Эквивалентная схема на фазу А

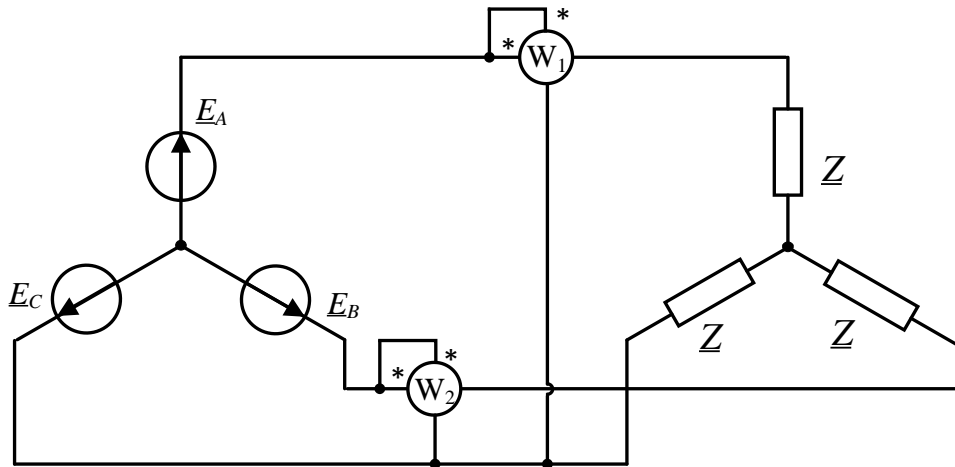


Задание 4.5

Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$, показания ваттметров
 $P_{W_1} = 1800 \text{ Вт}$ и $P_{W_2} = 600 \text{ Вт}$.



Определить комплексное сопротивление симметричной нагрузки.

Ответ: $\underline{Z} = 45,44 \angle 41^\circ = 34,46 + j29,96 \text{ Ом}$

Задание 4.6

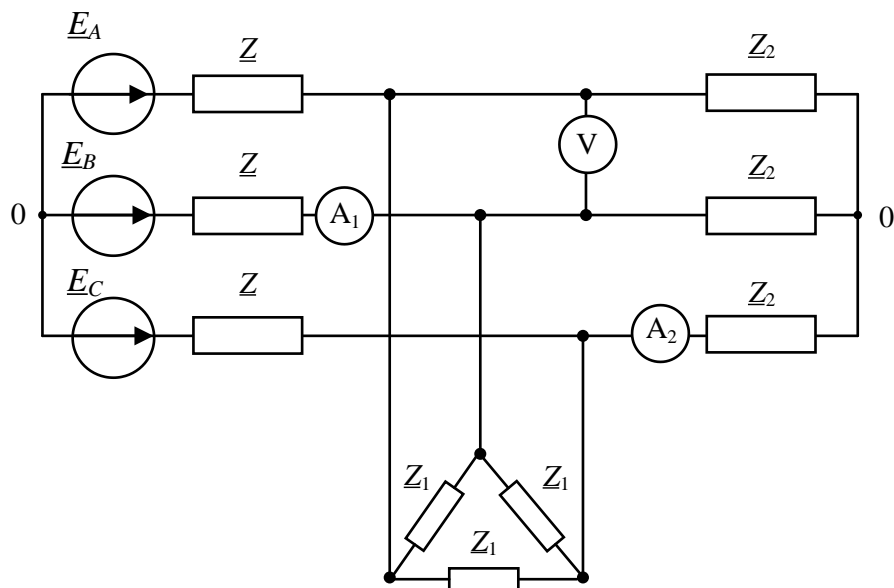
Текст задания

Задание базовой части (сложное)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$, $\underline{Z}_1 = -j54 \text{ Ом}$

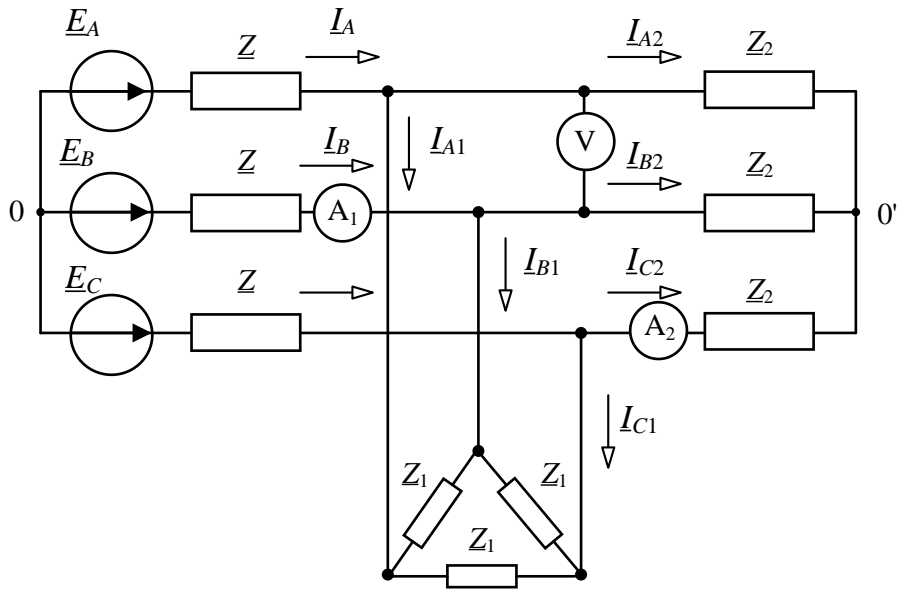
$\underline{Z}_2 = 10 + j8 \text{ Ом}$, $\underline{Z} = j1,8 \text{ Ом}$.

Составить эквивалентную схему на одну фазу, рассчитать комплексные токи через амперметры и показания приборов.



Решение задания 4.6.

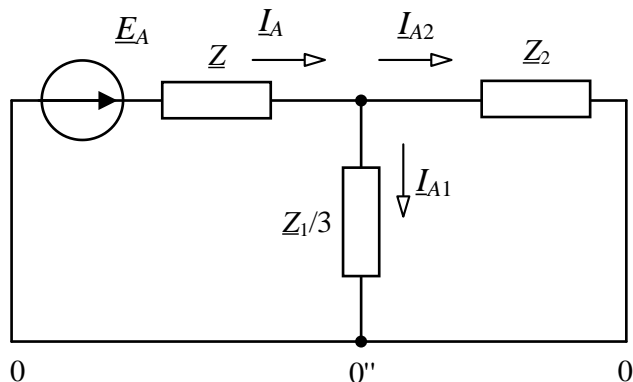
Обозначим токи в ветвях трехфазной цепи.



Преобразуем «треугольник» нагрузки в эквивалентную «звезду», $Z'_1 = \frac{Z_1}{3} = -j18 \text{ Ом}$.

Потенциал нулевой точки эквивалентной "звезды" будет равен потенциалам нулевых точек источника и нагрузки с соединением фаз "звездой" ($\varphi_0 = \varphi_{0'} = \varphi_{0''}$). В силу симметрии источника и нагрузки расчет токов в линии можно вести по одной фазе.

После преобразования эквивалентная расчетная схема на фазу А имеет вид :



Фазное напряжение: $\underline{U}_A = U_\phi \angle 0^\circ = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = \frac{380}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 220 \angle 0^\circ \text{ В}$.

Линейный ток фазы А:

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{\underline{Z} + \frac{\underline{Z}'_1 \underline{Z}_2}{\underline{Z}'_1 + \underline{Z}_2}} = \frac{220 \angle 0^\circ}{j1,8 + \frac{(-j18)(10 + j8)}{-j18 + 10 + j8}} = \frac{220}{j1,8 + 16,2 - j1,8} = 13,58 \text{ А, в силу симметрии}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_A \cdot 1 \angle -120^\circ = 13,58 \angle -120^\circ \text{ А}$$

Ток в фазе приемника \underline{Z}_2 :

$$\underline{I}_{A2} = \underline{I}_A \frac{\underline{Z}'_1}{\underline{Z}'_1 + \underline{Z}_2} = 13,58 \frac{(-j18)}{10 + j8 - j18} = 12,26 - j12,26 = 17,28 \angle -45^\circ \text{ А, в силу симметрии}$$

$$\underline{I}_{C2} = \underline{I}_{A2} \cdot 1 \angle 120^\circ = 17,28 \angle 75^\circ \text{ А. Показания амперметров равны 13,58 А и 17,28 А.}$$

Определим показание вольтметра:

$$\begin{aligned} \underline{U}_V &= -\underline{I}_A \cdot \underline{Z} + \underline{U}_{AB} + \underline{I}_B \cdot \underline{Z} = -13,58(j1,8) + 380 \angle 30^\circ + 13,58 \angle -120^\circ \cdot (j1,8) = \\ &= -j24,44 + 329 + j190 - j12,22 + 21,17 = 350,17 - j153,34 = 382,3 \angle -23,65^\circ \text{ В.} \end{aligned}$$

Следовательно, показание вольтметра 382,3 В.

Ответ: показания амперметра A1: 13,58 А; амперметра A2: 17,28 А;
вольтметра V: 382,3 В.

Специальная часть

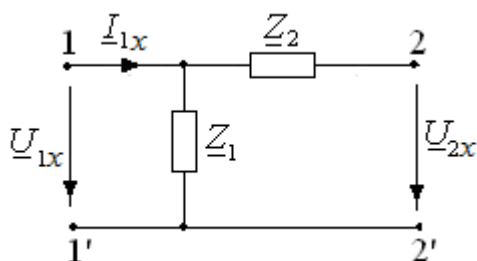
Задания экзаменационного билета №5 (10баллов)

Задание 5.1

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Несимметричный четырехполюсник с $Z_1 = Z_2 = 10 - j20$ Ом



Определить параметры типа А (коэффициенты матрицы А).

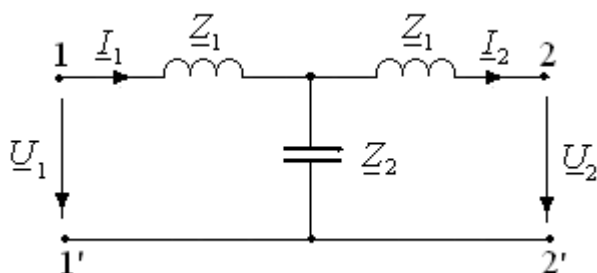
Ответ: $A_{11} = 1, A_{12} = 10 - j20$ Ом, $A_{21} = 0,02 + j0,04$ См, $A_{22} = 2$

Задание 5.2

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Симметричный четырехполюсник с $Z_1 = j20$ Ом, $Z_2 = -j10$ Ом.



Определить параметры типа А (коэффициенты матрицы А).

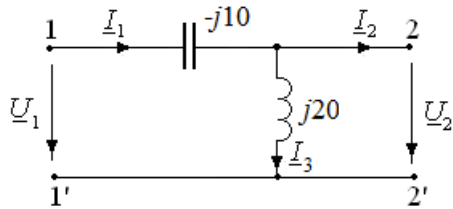
Ответ: $A_{11} = 1, A_{12} = 0$ Ом, $A_{21} = -j0,1$ См, $A_{22} = 1$

Задание 5.3

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Несимметричный четырехполюсник с $Z_1 = Z_2 = 10 - j20$ Ом

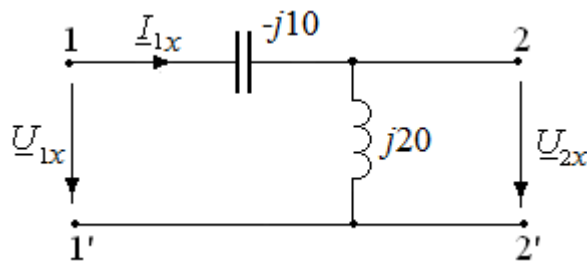


Определить параметры типа А (коэффициенты матрицы А).

Решение задания 5.3.

Из режимов холостого хода и короткого замыкания

Для цепи в режиме холостого хода ($I_2 = 0$) имеем:



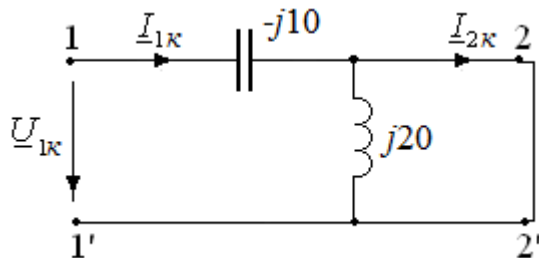
$$\underline{U}_{1x} = \underline{A}_{11}\underline{U}_{2x}, \quad \underline{I}_{1x} = \underline{A}_{21}\underline{U}_{2x}$$

$$\underline{U}_{1x} = \underline{I}_{1x}(-j10 + j20) = j10\underline{I}_{1x},$$

$$\underline{I}_{1x} = \underline{U}_{2x} / j20, \quad \underline{U}_{2x} = j20\underline{I}_{1x}.$$

Следовательно, $\underline{A}_{11} = \underline{U}_{1x} / \underline{U}_{2x} = 0,5$; $\underline{A}_{12} = \underline{I}_{1x} / \underline{U}_{2x} = 1/j20 = -j 0,05$ См.

Для цепи в режиме короткого замыкания ($U_2 = 0$) имеем:



$$\underline{U}_{1k} = \underline{A}_{12}\underline{I}_{2k}; \quad \underline{I}_{1k} = \underline{A}_{22}\underline{I}_{2k}$$

$$\underline{U}_{1k} = -j 10\underline{I}_{1k}; \quad \underline{I}_{1k} = \underline{I}_{2k}.$$

Следовательно, $\underline{A}_{12} = -j 10$ Ом; $\underline{A}_{22} = 1$.

Через входные сопротивления четырехполюсника.

Определим входные сопротивления несимметричного четырехполюсника в режимах холостого хода и короткого замыкания.

Для входа 1-1': $\underline{Z}_{1x} = (-j10 + j20) = j10$ Ом, $\underline{Z}_{1k} = -j10$ Ом.

Для входа 2-2': $\underline{Z}_{2x} = j20$ Ом, $\underline{Z}_{2k} = (-j10)(j20)/(-j10 + j20) = -j20$ Ом.

Коэффициент \underline{A}_{11} матрицы А определим по формуле:

$$\underline{A}_{11} = \pm \sqrt{\frac{\underline{Z}_{1x}}{\underline{Z}_{2x} - \underline{Z}_{2k}}} = \pm \sqrt{\frac{j10}{j20 + j20}} = \pm 0,5.$$

Замечание. Коэффициент \underline{A}_{11} однозначно определяется при рассмотрении режима холостого хода и соотношения $\underline{A}_{11} = \underline{U}_{1x} / \underline{U}_{2x}$. Для данного четырехполюсника $\underline{A}_{11} = 0,5$.

Остальные коэффициенты $\underline{A}_{12} = \underline{Z}_{2x} \underline{A}_{11} = (-j20) \cdot 0,5 = -j10$ Ом,

$$\underline{A}_{21} = \frac{\underline{A}_{11}}{\underline{Z}_{1x}} = \frac{0,5}{j10} = -j0,05 \text{ См}, \quad \underline{A}_{22} = \frac{\underline{A}_{11} \underline{Z}_{2x}}{\underline{Z}_{1x}} = \frac{0,5 \cdot j20}{j10} = 1.$$

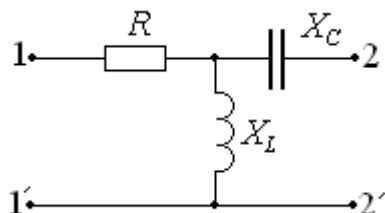
Ответ: $\underline{A}_{11} = 0,5, \underline{A}_{12} = -j10$ Ом, $\underline{A}_{21} = -j0,05$ См, $\underline{A}_{22} = 1$

Задание 5.4

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Несимметричный четырехполюсник с $R = 100$ Ом, $X_L = 200$ Ом, $X_C = 100$ Ом.



Определить параметры типа А (коэффициенты матрицы А).

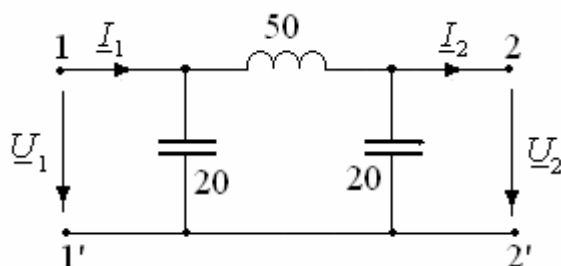
Ответ: $\underline{A}_{11} = 0,25 - j1,25, \underline{A}_{12} = 25 - j175$ Ом, $\underline{A}_{21} = -(25 + j175) \cdot 10^{-4}$ См, $\underline{A}_{22} = -0,25 - j0,25$

Задание 5.5

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Симметричный четырехполюсник, сопротивления которого заданы на схеме в [Ом].



Определить параметры типа А (коэффициенты матрицы А).

Ответ: $\underline{A}_{11} = -1,5, \underline{A}_{12} = j50$ Ом, $\underline{A}_{21} = -j0,025$ См, $\underline{A}_{22} = -1,5$

Задания экзаменационного билета №6 (10 баллов)

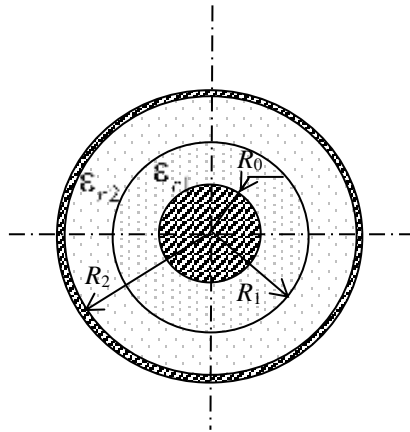
Задание 6.1

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Цилиндрический конденсатор, где $R_0 = 2$ мм, $R_1 = 12$ мм, $R_2 = 16$ мм заполнен двухслойным диэлектриком: $\epsilon_{r1} = 1$; $\epsilon_{r2} = 3$.

Определить емкость коаксиального конденсатора на единицу длины. Построить зависимость $E(r)$, где r – расстояние от оси кабеля, если напряжение между жилой и оболочкой $U = 1000$ В.



Решение задания 6.1: Для цилиндрического конденсатора с равномерным распределением заряда q по поверхности обкладок (жилы и оболочки) электростатическое поле в изоляции характеризуется вектором электрического смещения \mathbf{D} . Из цилиндрической симметрии поля следует, что вектор электрического смещения имеет только радиальную составляющую ($\mathbf{D} = D_r$), зависящую только от радиуса r . Следовательно, ее значение постоянно на цилиндре радиуса r и вектор электрического смещения нормален к поверхности цилиндра. Задачу можно решить, применив постулат Максвелла (теорему Гаусса) и выбрав в качестве поверхности интегрирования соосный цилиндр, имеющий длину l . При $R_0 \leq r \leq R_2$ в цилиндрической системе координат получим

$$\oint_S \mathbf{D} d\mathbf{S} = D \cdot 2\pi r l = q \quad \text{или} \quad D(r) = \frac{q}{2\pi r l} = \frac{\tau}{2\pi r}, \quad \text{где } \tau = \frac{q}{l} \text{ - линейная плотность заряда.}$$

В однородной среде $\mathbf{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \mathbf{E}$, \mathbf{E} – вектор напряженности электрического поля. Следовательно, вектор напряженности электрического поля в изоляции также имеет только радиальную составляющую $\mathbf{E} = E_r$, и его модуль может быть определен:

- 1) в первом слое $R_0 \leq r \leq R_1$ $E_1(r) = \frac{D(r)}{\epsilon_{r1} \epsilon_0} = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_{r1} \epsilon_0} \frac{1}{r}$;
- 2) во втором слое $R_1 \leq r \leq R_2$ $E_2(r) = \frac{D(r)}{\epsilon_{r2} \epsilon_0} = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_{r2} \epsilon_0} \frac{1}{r}$.

Напряжение между жилой и оболочкой

$$U = \int_{R_0}^{R_1} E_1 dr + \int_{R_1}^{R_2} E_2 dr = \int_{R_0}^{R_1} \frac{\tau}{2\pi \epsilon_{r1} \epsilon_0} \frac{1}{r} dr + \int_{R_1}^{R_2} \frac{\tau}{2\pi \epsilon_{r2} \epsilon_0} \frac{1}{r} dr = \frac{\tau}{2\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{\epsilon_{r1}} \ln \frac{R_1}{R_0} + \frac{1}{\epsilon_{r2}} \ln \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Следовательно, емкость коаксиального двухслойного конденсатора на единицу длины $C_0 = \frac{\tau}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\left(\frac{1}{\epsilon_{r1}} \ln \frac{R_1}{R_0} + \frac{1}{\epsilon_{r2}} \ln \frac{R_2}{R_1}\right)}$. После подстановки численных значений

$$C_0 = \frac{\tau}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\left(\frac{1}{\epsilon_{r1}} \ln \frac{R_1}{R_0} + \frac{1}{\epsilon_{r2}} \ln \frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\left(\frac{1}{1} \ln \frac{8}{4} + \frac{1}{3} \ln \frac{16}{8}\right)} = 60,11 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м,}$$

где $\epsilon_0 \approx \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Линейная плотность заряда $\tau = C_0 U = 60,11 \cdot 10^{-9}$ Кл/м.

Тогда $E_1(r) = \frac{60,11 \cdot 10^{-9}}{2\pi \cdot 1 \cdot \epsilon_0} \frac{1}{r} = \frac{1082}{r}$ В/м, $E_2(r) = \frac{60,11 \cdot 10^{-9}}{2\pi \cdot 3 \cdot \epsilon_0} \frac{1}{r} = \frac{360,67}{r}$ В/м.

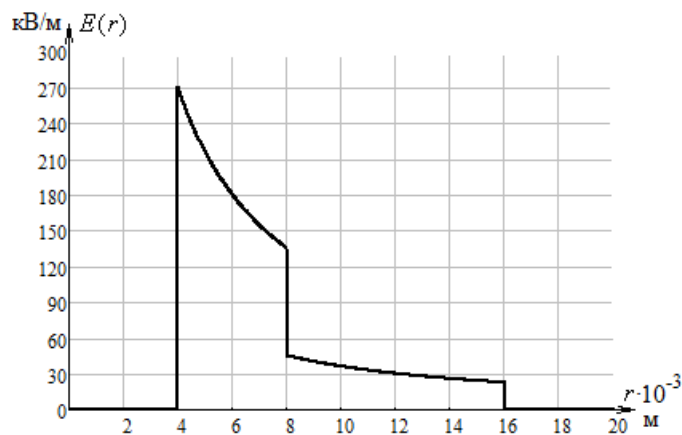
Ответ:

Ёмкость конденсатора на единицу длины $C_0 = 60,11 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

$$\text{Зависимость } E(r) = \begin{cases} 0 & r \leq R_0 \\ \frac{1082}{r} & R_0 \leq r \leq R_1 \\ \frac{360,67}{r} & R_1 \leq r \leq R_2 \\ 0 & r \geq R_2 \end{cases}, \text{ В/м.}$$

Для построения графика зависимости рассчитаем напряженность электрического поля

r , мм	4	8 (1 слой)	8 (2 слой)	16
E , кВ/м	270,5	135,25	45,08	22,54



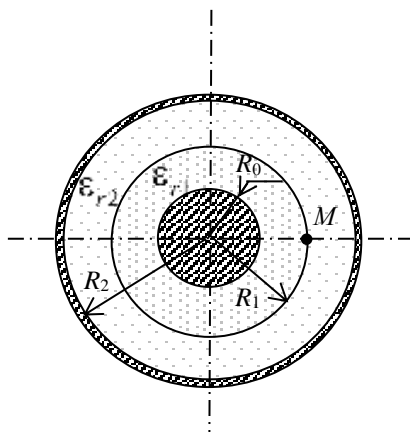
Задание 6.2

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Цилиндрический конденсатор, где $R_0 = 4$ мм, $R_1 = 8$ мм, $R_2 = 16$ мм заполнен двухслойным диэлектриком: $\epsilon_{r1} = 4$; $\epsilon_{r2} = 2$. Определить емкость коаксиального конденсатора на единицу длины.

Определить напряжение между жилой и оболочкой, если напряжение между точкой M (на границе, разделяющей два слоя изоляции) и оболочкой кабеля равно 2 кВ.



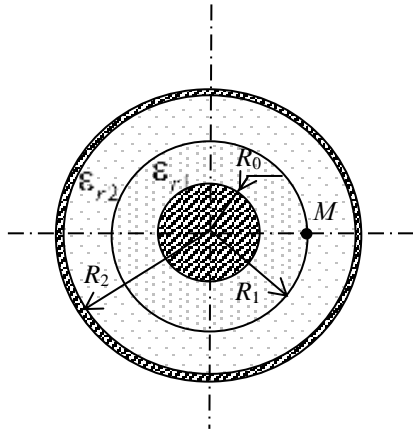
Задание 6.3

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Цилиндрический конденсатор, где $R_0 = 4$ мм, $R_1 = 8$ мм, $R_2 = 16$ мм заполнен двухслойным диэлектриком: $\epsilon_{r1} = 2$; $\epsilon_{r2} = 4$.

Определить емкость коаксиального конденсатора на единицу длины. Определить напряжение между жилой и оболочкой, если напряжение между точкой M (на границе, разделяющей два слоя изоляции) и оболочкой кабеля равно 2 кВ.



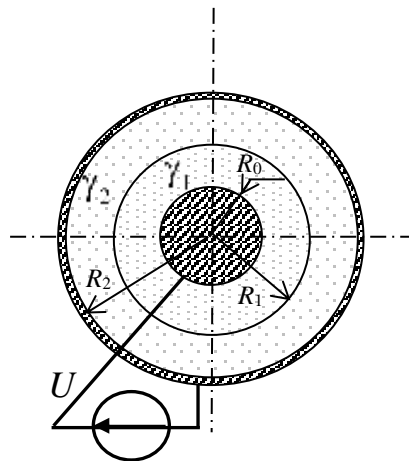
Задание 6.4

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: $U = 100$ В, $R_0 = 5$ мм, $R_1 = 20$ мм, $R_2 = 40$ мм, удельная проводимость неидеальной изоляции первого слоя $\gamma_1 = 10^{-7}$ См/м, второго слоя $\gamma_2 = 2 \cdot 10^{-7}$ См/м.

Определить ток утечки и проводимость изоляции двухслойного цилиндрического конденсатора на 1 м длины



Решение задания 6.4: Для цилиндрического конденсатора, имеющего несовершенную изоляцию, ток утечки равномерно распределен по поверхности электродов (жила и оболочки). Стационарное электрическое поле в несовершенной изоляции характеризуется вектором плотности тока утечки \mathbf{J} . Из цилиндрической симметрии поля следует, что вектор плотности тока утечки имеет только радиальную составляющую ($\mathbf{J} = J_r \mathbf{e}_r$), зависящую только от радиуса r . Следовательно, значение вектора плотности тока утечки постоянно на цилиндре радиуса r и вектор плотности тока утечки нормален к поверхности

цилиндра. Ток утечки $I = \int_S \mathbf{J} ds$, где S – поверхность интегрирования (боковая поверхность соосного цилиндра с высотой l). При $R_0 \leq r \leq R_2$ в цилиндрической системе координат получим $J \cdot 2\pi r l = I$ или $J(r) = \frac{I}{2\pi l} = \frac{I_0}{2\pi r}$, где $I_0 = \frac{I}{l}$ – ток утечки на единицу длины. В однородной проводящей среде $\mathbf{J} = \gamma \mathbf{E}$, \mathbf{E} – вектор напряженности электрического поля. Следовательно, вектор напряженности электрического поля в изоляции также имеет только радиальную составляющую $E = E_r$, и его модуль может быть определен:

- 1) в первом слое $R_0 \leq r \leq R_1$ $E_1(r) = \frac{J(r)}{\gamma_1} = \frac{I_0}{2\pi\gamma_1} \frac{1}{r}$;
- 2) во втором слое $R_1 \leq r \leq R_2$ $E_2(r) = \frac{J(r)}{\gamma_2} = \frac{I_0}{2\pi\gamma_2} \frac{1}{r}$.

Напряжение между жилой и оболочкой

$$U = \int_{R_0}^{R_1} E_1 dr + \int_{R_1}^{R_2} E_2 dr = \int_{R_0}^{R_1} \frac{I_0}{2\pi\gamma_1} \frac{1}{r} dr + \int_{R_1}^{R_2} \frac{I_0}{2\pi\gamma_2} \frac{1}{r} dr = \frac{I_0}{2\pi} \left(\frac{1}{\gamma_1} \ln \frac{R_1}{R_0} + \frac{1}{\gamma_2} \ln \frac{R_2}{R_1} \right).$$

Следовательно, проводимость двухслойного конденсатора с несовершенной изоляцией на единицу длины:

$$G_0 = \frac{I_0}{U} = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{\gamma_1} \ln \frac{R_1}{R_0} + \frac{1}{\gamma_2} \ln \frac{R_2}{R_1} \right)} = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{10^{-7}} \ln \frac{20}{5} + \frac{1}{2 \cdot 10^{-7}} \ln \frac{40}{20} \right)} = 3,624 \cdot 10^{-7} \text{ См/м.}$$

Ток утечки на единицу длины $I_0 = G_0 U = 3,624 \cdot 10^{-7} \cdot 100 \approx 36,24 \cdot 10^{-6} \text{ А/м.}$

Ответ: $G_0 = 3,624 \cdot 10^{-7} \text{ См/м, } I_0 = 36,24 \cdot 10^{-6} \text{ А/м.}$

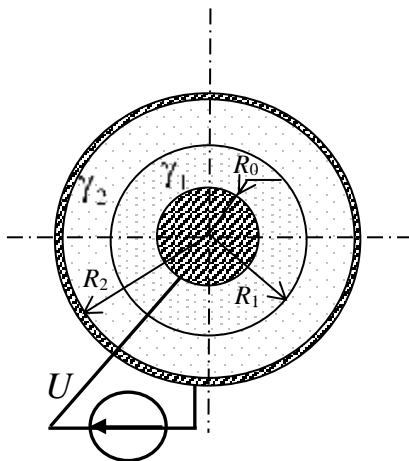
Задание 6.5

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: $U = 100 \text{ В, } R_0 = 5 \text{ мм, } R_1 = 20 \text{ мм, } R_2 = 40 \text{ мм,}$ удельная проводимость неидеальной изоляции первого слоя $\gamma_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ См/м,}$ второго слоя $\gamma_2 = 10^{-7} \text{ См/м.}$

Определить ток утечки и проводимость изоляции двухслойного цилиндрического конденсатора на 1 м длины



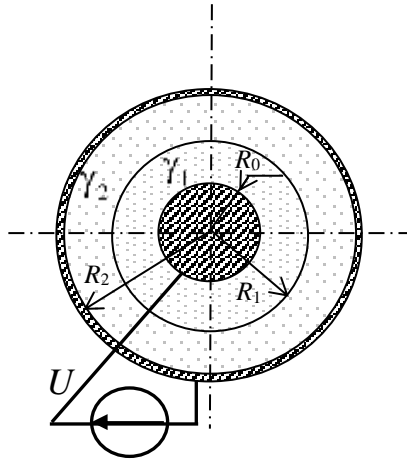
Задание 6.6

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: $U = 500$ В, $R_0 = 5$ мм, $R_1 = 15$ мм, $R_2 = 25$ мм, удельная проводимость неидеальной изоляции первого слоя $\gamma_1 = 10^{-8}$ См/м, второго слоя $\gamma_2 = 4 \cdot 10^{-8}$ См/м.

Определить ток утечки и проводимость изоляции двухслойного цилиндрического конденсатора на 1 м длины



Задания экзаменационного билета №7 (15 баллов)

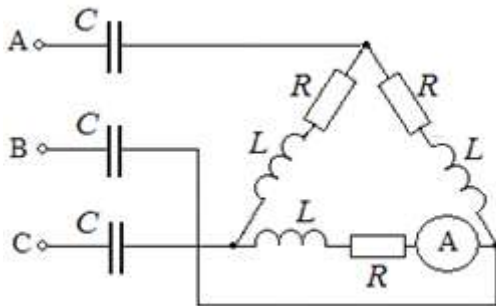
Задание 7.1

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Линейное напряжение трехфазного генератора

$$u_{AB}(t) = 283\sqrt{2} \sin 314t + 42,4\sqrt{2} \sin(5 \cdot 314t + 45^\circ) \text{ В, } R = \omega L = 30 \text{ Ом, } 1/\omega C = 40 \text{ Ом.}$$



Определить показание амперметра электромагнитной системы.

Ответ: показания амперметра А: 5,27 А

Задание 7.2

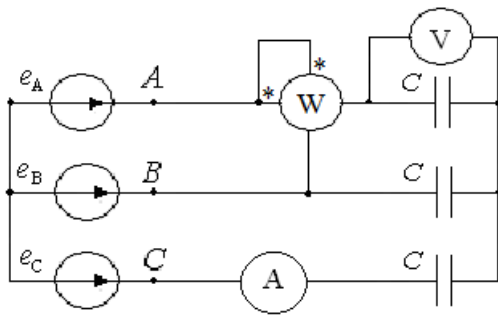
Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Фазные обмотки симметричного трехфазного генератора с фазной ЭДС

$$e_A(t) = 120 \sin \omega t + 80 \sin(3\omega t - 45^\circ) + 30 \sin(5\omega t - 90^\circ) \text{ В соединены звездой,}$$

$$1/\omega C = 90 \text{ Ом}$$



Определить показания приборов электромагнитной системы.

Ответ: показания амперметра A: 1,51 А, вольтметра V: 87,23 В, $P_W = 47,42$ Вт .

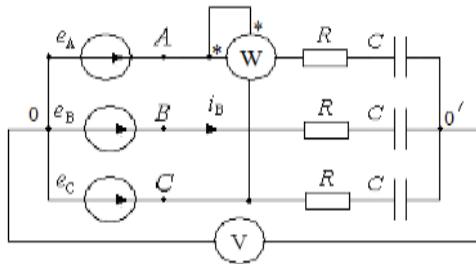
Задание 7.3

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: В трехфазной цепи $R = 3$ Ом, $1/\omega C = 9$ Ом, фазная ЭДС

$$e_A = 100 \sin \omega t + 30 \sin(3\omega t + 30^\circ) + 20 \sin 5\omega t \text{ В.}$$



Определить показания приборов электромагнитной системы.

Ответ: показания вольтметра V: 21,21 В, $P_W = 84,06$ Вт .

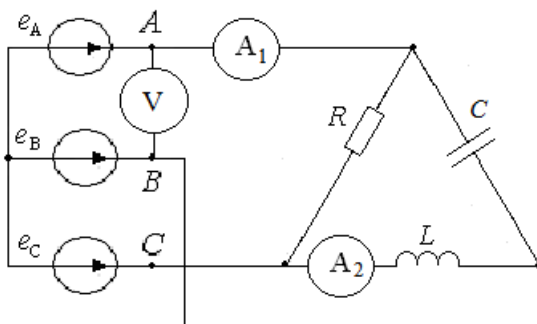
Задание 7.4

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: В трехфазной цепи $R = 15$ Ом, $\omega L = 1/\omega C = 45$ Ом, фазная ЭДС

$$e_A = 450\sqrt{2} \sin \omega t + 150\sqrt{2} \sin(3\omega t - 60^\circ) \text{ В.}$$



Определить показания амперметра электромагнитной системы.

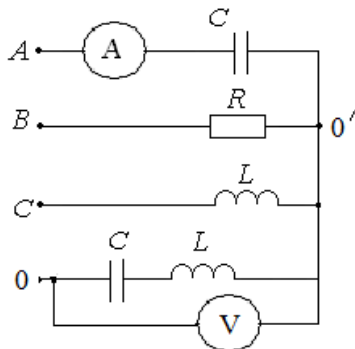
Ответ: показания амперметра A1: 37,96 А, амперметра A2: 17,32 А, вольтметра V: 779,42 В.

Задание 7.5

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: В трехфазной цепи $R = 15$ Ом, $\omega L = 1/\omega C = 45$ Ом, фазное напряжение источника $u_A = 450\sqrt{2} \sin \omega t + 150\sqrt{2} \sin(3\omega t + 60^\circ)$ В.



Определить показания приборов электромагнитной системы.

Ответ: показания амперметра A: 10,05 А, вольтметра V: 158,93 В

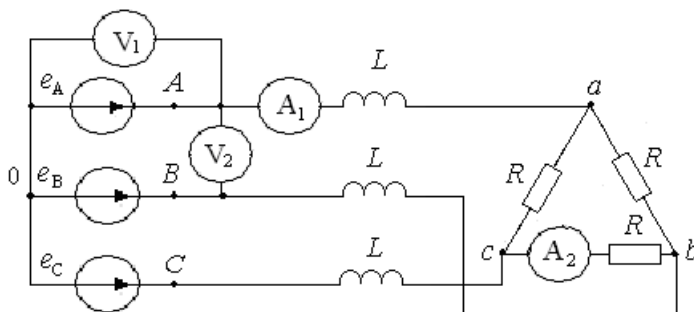
Задание 7.6.

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Фазные обмотки симметричного трехфазного генератора соединены звездой, $R = 12$ Ом, индуктивное сопротивление линейных проводов на первой гармонике

$\omega L = 3$ Ом. Фазная ЭДС $e_A = 283 \sin 314t - 82 \sin(3 \cdot 314t - \frac{\pi}{4}) + 42,4 \sin(5 \cdot 314t - \frac{\pi}{10})$ В.



Определить показания приборов электромагнитной системы.

Решение задания 7.6. Преобразуем треугольник сопротивлений нагрузки в эквивалентную звезду. Сопротивления фаз эквивалентной звезды вместе с индуктивным сопротивлением линейных проводов составляют эквивалентное сопротивление фазы, для

k -ой гармоники $Z_A^{(k)} = Z_B^{(k)} = Z_C^{(k)} = \frac{R}{3} + jk\omega L = 4 + j3 \cdot k$, модуль комплексного

сопротивления для k -ой гармоники $Z_A^{(k)} = Z_B^{(k)} = Z_C^{(k)} = \sqrt{4^2 + (3 \cdot k)^2}$. Так как нейтральный

провод отсутствует, то токи гармоник, кратных трем, в линии и нагрузке равны нулю:

$I_A^{(3)} = I_B^{(3)} = I_C^{(3)} = 0$. Действующие значения линейных токов первой и пятой гармоник

соответственно равны: $I_A^{(1)} = I_B^{(1)} = I_C^{(1)} = \frac{283}{\sqrt{2}\sqrt{4^2 + 3^2}} = 40,1 \text{ А},$

$I_A^{(5)} = I_B^{(5)} = I_C^{(5)} = \frac{42,4}{\sqrt{2}\sqrt{4^2 + (5 \cdot 3)^2}} = 1,94 \text{ А}.$

Показание амперметра в линейном проводе: $I_{A1} = \sqrt{40,1^2 + 1,94^2} = 40,15 \text{ А}.$ Так как нагрузка симметричная, в линейных и фазных токах отсутствуют гармоники, кратные трем (гармонический состав линейных и фазных токов одинаковый), то действующее значение фазного тока в треугольнике сопротивлений связано с действующим значением линейного тока соотношением $I_{A2} = \frac{I_{A1}}{\sqrt{3}} = \frac{40,15}{\sqrt{3}} = 23,21 \text{ А}.$

Показание вольтметра V_1 определяется действующим значением фазного напряжения:

$U_{V1} = U_A = \sqrt{\frac{283^2}{2} + \frac{82^2}{2} + \frac{42,4^2}{2}} \approx 210 \text{ В}.$ Показание вольтметра V_2 определяется

действующим значением линейного напряжения (отсутствуют гармоники, кратные трем):

$U_{V2} = U_{CA} = \sqrt{\frac{(\sqrt{3} \cdot 283)^2}{2} + 0 + \frac{(\sqrt{3} \cdot 42,4)^2}{2}} \approx 351 \text{ В}.$

Ответ: $I_{A1} = 40,15 \text{ А}, I_{A2} = 23,21 \text{ А}, U_{V1} = 210 \text{ В}, U_{V2} = 351 \text{ В}$

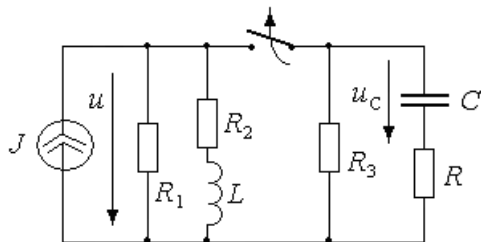
Задания экзаменационного билета №8 (15 баллов)

Задание 8.1

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: $J = 18 \text{ А}, R_1 = R_2 = R_3 = R = 10 \text{ Ом}, C = 0,5 \text{ мкФ}, L = 1 \text{ мГн}.$



Определить напряжение на источнике $u(t)$ и напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ после коммутации.

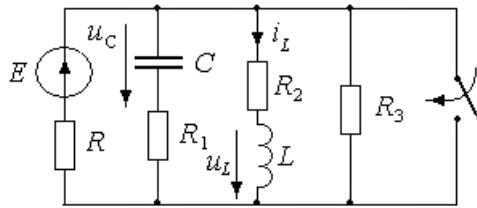
Ответ: $u(t) = 90 + 30e^{-2 \cdot 10^4 t} \text{ В}, u_C(t) = 60e^{-10^5 t} \text{ В}$

Задание 8.2

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: $R_1 = R = 10 \text{ Ом}, R_2 = R_3 = 20 \text{ Ом}, C = 0,5 \text{ мкФ}, L = 20 \text{ мГн}, E = 200 \text{ В}.$



Определить напряжение на конденсаторе $u_C(t)$, ток $i_L(t)$ и напряжение $u_L(t)$ катушки после коммутации.

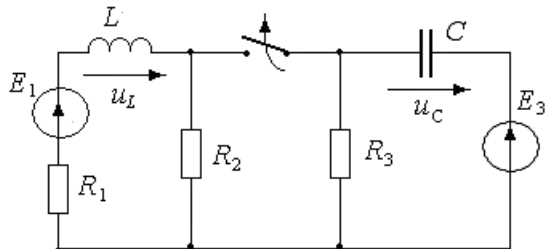
Ответ: $u_C(t)=100e^{-2 \cdot 10^5 t}$ В, $i_L(t)=5e^{-10^3 t}$ А, $u_L(t)=-100e^{-10^3 t}$ В

Задание 8.3

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: $E_1 = 200$ В, $E_3 = 50$ В, $R_1 = R_2 = R_3 = 20$ Ом, $C = 5$ мкФ, $L = 4$ мГн.



Определить напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ и напряжение на катушке u_L после коммутации.

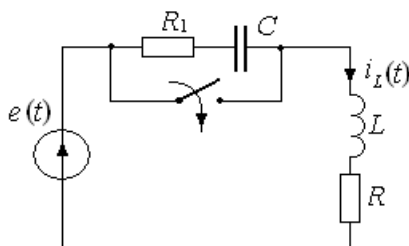
Ответ: $u_C(t)=-50+66,67e^{-10^4 t}$ В, $u_L(t)=140e^{-7500t}$ В

Задание 8.4

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: $e(t) = 100\sin(2500t + 30^\circ)$, $R_1 = 30$ Ом, $R = 20$ Ом, $C = 4$ мкФ, $L = 40$ мГн.



Определить ток в катушке $i_L(t)$ после коммутации.

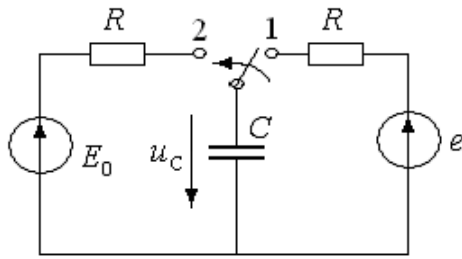
Ответ: $i_L(t)=0,98\sin(2500t - 48,7^\circ) + 1,74e^{-500t}$ А

Задание 8.5

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: $e(t) = 100\sin(\omega t + 30^\circ)$ В, $\omega = 1000$ 1/с, $R = 100$ Ом, $C = 10$ мкФ, $E_0 = 300$ В. Ключ K переключается из положения 1 в положение 2 в момент $t = 0$.



Определить напряжение на конденсаторе $u_C(t)$ после коммутации.

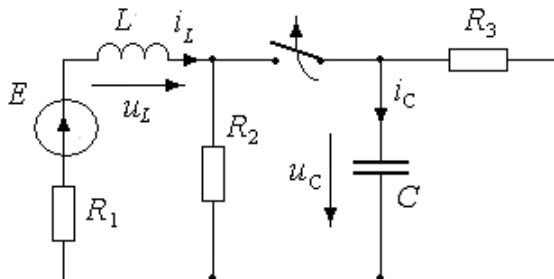
Ответ: $u_C(t) = 300 - 318,3e^{-1000t}$ В

Задание 8.6

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

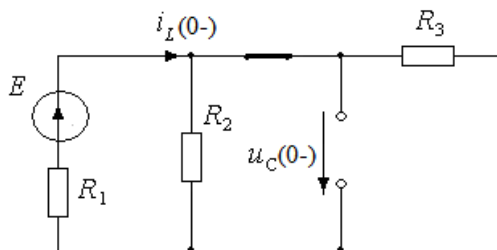
Дано: $E = 300$ В, $L = 10$ мГн, $C = 10$ мкФ, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = R_3 = 20$ Ом.



Определить ток и напряжение на катушке $i_L(t)$ и $u_L(t)$ и конденсаторе $i_C(t)$ и $u_C(t)$ после коммутации.

Решение задания 8.6.

1. Находим независимые начальные условия (ННУ) по схеме до коммутации. Ключ замкнут, а в цепи действует источник постоянного напряжения.

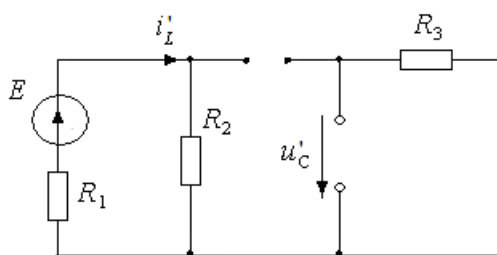


$$i_L(0_-) = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = 15 \text{ А,}$$

$$u_C(0_-) = E - i_L(0_-) R_1 = 150 \text{ В}$$

Законы коммутации $i_L(0_+) = i_L(0_-) = 15$ А, $u_C(0_+) = u_C(0_-) = 150$ В

2. Расчет установившегося режима: ключ разомкнут, действует источник постоянного напряжения.



$$i'_L = i_L(\infty) = \frac{E}{R_1 + R_2} = 10 \text{ A}$$

$$i'_C = i_C(\infty) = 0$$

$$u'_C = u_C(\infty) = 0$$

$$u'_L = u_L(\infty) = 0$$

3. Составляем характеристические уравнения и находим корни этих уравнений

$$pL_1 + R_1 + R_2 = 0 \rightarrow p_1 = -\frac{R_1 + R_2}{L_1} = -3 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$$

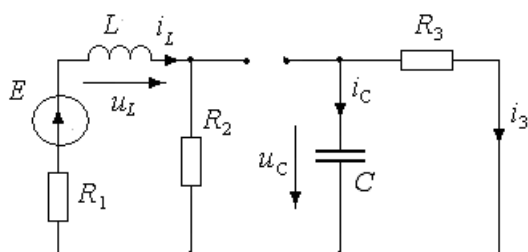
$$\frac{1}{pC} + R_3 = 0 \rightarrow p_2 = -\frac{1}{R_3 C} = -5 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$$

4. Записываем выражение переходных токов и напряжений:

$$i_L(t) = i'_L + A_1 e^{p_1 t} = 10 + A_1 e^{-3000t}, \quad u_L(t) = u'_L + A_2 e^{p_1 t} = A_2 e^{-3000t},$$

$$i_C(t) = i'_C + B_1 e^{p_2 t} = B_1 e^{-5000t}, \quad u_C(t) = u'_C + B_2 e^{p_2 t} = B_2 e^{-5000t}$$

5. Начальные условия определяем по законам коммутации (ННУ) или по законам Кирхгофа для схемы после коммутации (ЗНУ)



$$E = u_L(0_+) + i_L(0_+)(R_2 + R_1),$$

$$u_L(0_+) = E - i_L(0_+)(R_2 + R_1) = -150 \text{ В}$$

$$0 = u_C(0_+) - i_3(0_+)R_3, \quad i_3(0_+) = \frac{u_C(0_+)}{R_3} = 7,5 \text{ А},$$

$$i_C(0_+) = -i_3(0_+) = -7,5 \text{ А}$$

Определяем постоянные интегрирования

$$A_1 = i_L(0_+) - i'_L = 15 - 10 = 5 \text{ А}, \quad A_2 = u_L(0_+) - u'_L = -150 \text{ В}$$

$$B_1 = i_C(0_+) - i'_C = -7,5 \text{ А}, \quad B_2 = u_C(0_+) - u'_C = 150 \text{ В}$$

Окончательно имеем

$$i_L(t) = i'_L + A_1 e^{p_1 t} = 10 + 5e^{-3000t} \text{ А}, \quad u_L(t) = u'_L + A_2 e^{p_1 t} = -150e^{-3000t} \text{ В}$$

$$i_C(t) = i'_C + B_1 e^{p_2 t} = -7,5e^{-5000t} \text{ А}, \quad u_C(t) = u'_C + B_2 e^{p_2 t} = 150e^{-5000t} \text{ В}$$

Ответ:

$$i_L(t) = 10 + 5e^{-3000t} \text{ А}, \quad u_L(t) = -150e^{-3000t} \text{ В}$$

$$i_C(t) = -7,5e^{-5000t} \text{ А}, \quad u_C(t) = 150e^{-5000t} \text{ В}$$

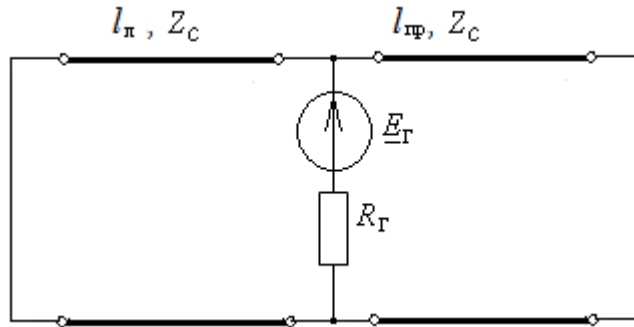
Задания экзаменационного билета №9 (15 баллов)

Задание 9.1

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Длина линии левого участка $l_{л} = \lambda/4$, правого участка $l_{пр} = \lambda/8$. Волновое сопротивление правой и левой линий $Z_c = 400$ Ом. На обоих концах линий произошло короткое замыкание. Построить графики распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии, если $\underline{E}_Г = 100$ В, $R_Г = 200$ Ом.

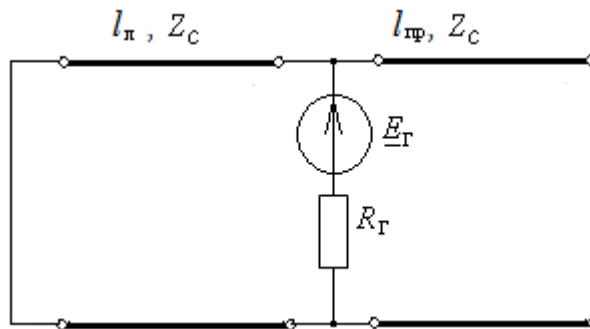


Задание 9.2

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Длина линии левого участка $l_{л} = \lambda/8$, правого участка $l_{пр} = \lambda/2$. Волновое сопротивление правой и левой линий $Z_c = 100$ Ом. Правая линия разомкнута, а левая линия короткозамкнута. Построить графики распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии, если $\underline{E}_Г = 100$ В, $R_Г = 100$ Ом.

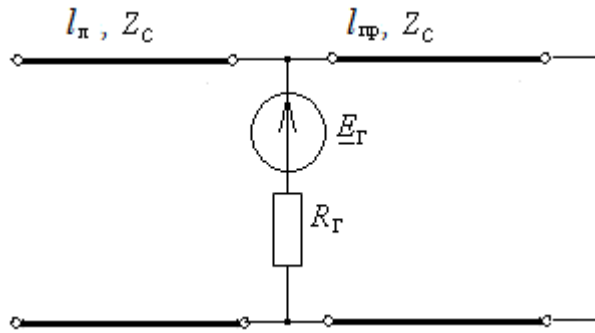


Задание 9.3

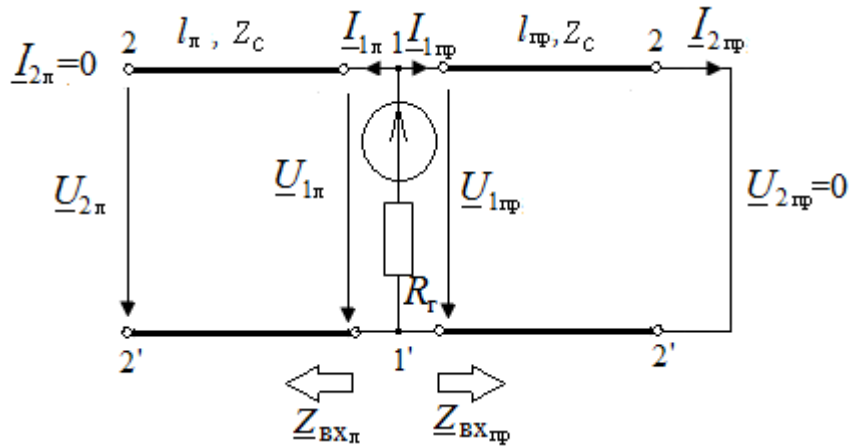
Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Длина линии левого участка $l_{л} = \lambda/2$, правого участка $l_{пр} = 3\lambda/4$. Волновое сопротивление правой и левой линий $Z_c = 400$ Ом. Левая линия разомкнута, а правая линия короткозамкнута. Построить графики распределения действующих значений напряжения и тока вдоль линии, если $\underline{E}_Г = 100$ В, $R_Г = 200$ Ом.



Решение задания 9.3. Обозначим токи и напряжения на входе и выходе правой и левой линии. При коротком замыкании или в случае разомкнутой линии наблюдаются стоячие волны, на конце левой линии узел тока $I_{2л} = 0$ и пучность напряжения; в конце правой линии узел напряжения $U_{2пр} = 0$ и пучность тока.

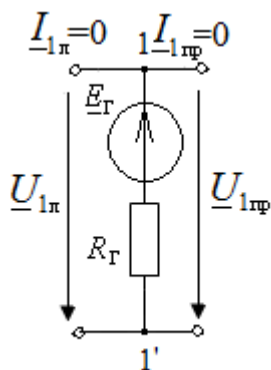


Определим входное сопротивление правой и левой линий относительно сечения 1-1':

а) $l_{\text{пр}} = \frac{3\lambda}{4} \Rightarrow Z_{\text{вхпр}} = jZ_c \operatorname{tg} \beta \frac{3\lambda}{4} = jZ_c \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} \frac{3\lambda}{4} = \infty \text{ Ом};$

б) $l_{л} = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow Z_{\text{вхл}} = -jZ_c \operatorname{ctg} \beta \frac{\lambda}{2} = -jZ_c \operatorname{ctg} \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} = \infty \text{ Ом};$ в сечении 1-1' справа и слева узел тока $I_{\text{пр}} = I_{л} = 0$ и пучность напряжения;

Расчетная схема в сечении 1-1':



$$I_{\Gamma} = I_{1\text{пр}} = I_{1л} = 0,$$

$$U_{1\text{пр}} = U_{1л} = E_{\Gamma} = 100 \angle 0 \text{ В.}$$

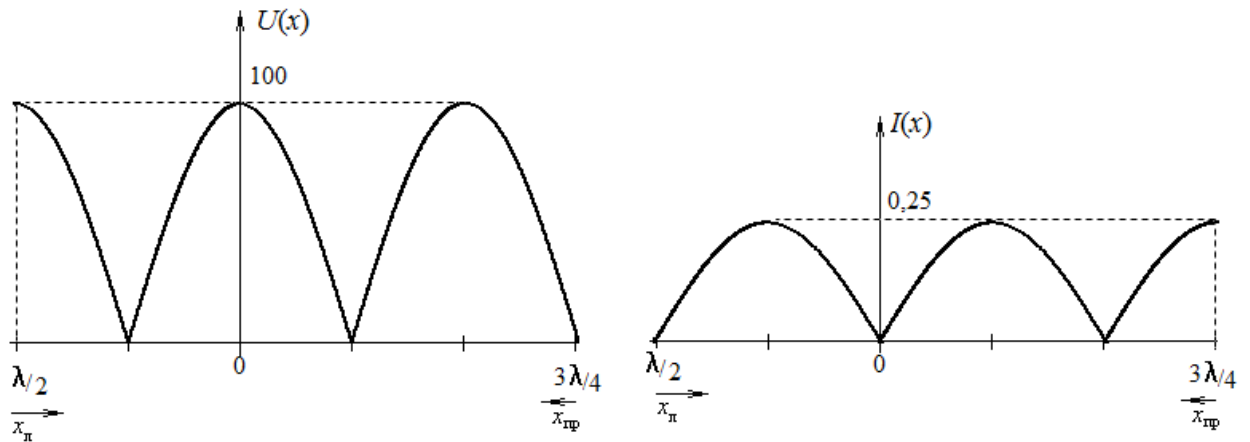
Для правой короткозамкнутой линии $I_{2\text{пр}}$ - пучность тока, пучность напряжения

$$U_{1\text{пр}} = U_{\text{max пр}}. \text{ Следовательно, пучность тока } I_{2\text{пр}} = I_{\text{max пр}} = \frac{U_{\text{max пр}}}{Z_c} = \frac{100}{400} = 0,25 \text{ А.}$$

Для левой разомкнутой линии пучность напряжения $U_{лл} = U_{\max л}$, тогда пучность тока

$$I_{\max л} = \frac{U_{\max л}}{Z_c} = \frac{100}{400} = 0,25 \text{ А.}$$

Распределение действующего значения напряжения и тока:



Задание 9.4

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

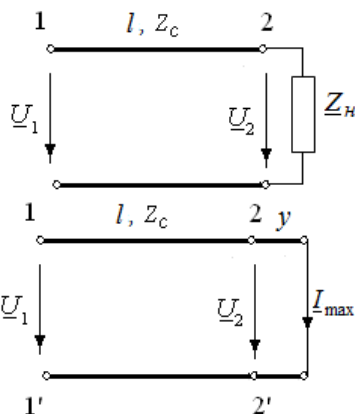
Дано: Воздушная линия без потерь с волновым сопротивлением $Z_c = 600 \text{ Ом}$ подключена к реактивной нагрузке. Длина линии $l = \lambda/2$, частота источника $f = 100 \text{ МГц}$. Расстояние до первого узла напряжения $x_0 = 1,125 \text{ м}$. Определить реактивное сопротивление нагрузки. Построить распределение действующего значения $U(x)$ и $I(x)$ вдоль линии, если $I_2 = 2 \text{ А}$.

Решение задания 9.4.

Длина волны воздушной линии на заданной частоте $\lambda = \frac{v_\phi}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 3 \text{ м}$.

Коэффициент фазы $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{3} = \frac{360^\circ}{3} = 120^\circ/\text{м}$.

Заменим нагрузку с сопротивлением $Z_n = jX$ отрезком линии длиной y , короткозамкнутой на конце, так чтобы режим в заданной линии не изменился. Условие эквивалентной замены $Z_{\text{вх}}(y) = jX$,



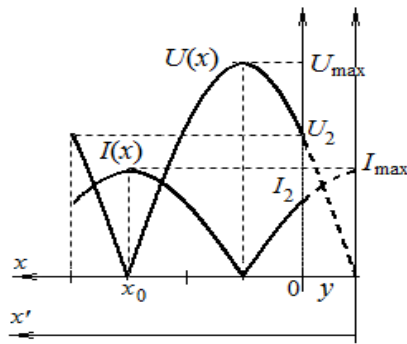
следовательно, $jZ_c \text{tg}\beta y = jX$. В таком случае для линии длиной $l + y$ в конце будет наблюдаться узел напряжения и пучность тока,

$x_0 + y = \frac{\lambda}{2}$. Длина эквивалентного участка

$y = \frac{\lambda}{2} - x_0 = 0,375 = \frac{\lambda}{8}$. Индуктивное сопротивление

$X = Z_c \text{tg}\beta y = 600 \text{tg}45^\circ = 600 \text{ Ом}$. Для расчетов можно использовать уравнения короткозамкнутой линии, но с введением

координаты: $x' = x + y$



$$\underline{I}(x) = \underline{I}_{\max} \cos \beta(x+y), \quad \underline{I}_{\max} = \frac{I_2}{\cos \beta y} = 2\sqrt{2} \approx 2,82 \text{ A.}$$

Пучность тока $I_{\max} = 2\sqrt{2} \approx 2,82 \text{ A}$, пучность напряжения 1 В .

Напряжение в начале линии

$$\underline{U}_1 = \underline{U}(l) = jZ_c \underline{I}_{\max} \sin \beta(x+y) = j600 \cdot 2\sqrt{2} \sin(180^\circ + 45^\circ) = -j1200 \text{ В,}$$

ток в начале линии $\underline{I}_1 = \underline{I}(l) = \underline{I}_{\max} \cos \beta(x+y) = 2\sqrt{2} \cos(180^\circ + 45^\circ) = -2 = 2 \angle 180^\circ \text{ А.}$

Проще $U_1 = U_2 = XI_2 = 1200 \text{ В}$, $I_1 = I_2 = 2 \text{ А}$, так как $l = \lambda/2$.

Задание 9.5

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Воздушная линия без потерь с волновым сопротивлением $Z_c = 600 \text{ Ом}$ подключена к реактивной нагрузке. Длина линии $l = \lambda/2$, частота источника $f = 100 \text{ МГц}$. Расстояние до первого узла напряжения $x_0 = 0,375 \text{ м}$. Определить реактивное сопротивление нагрузки. Построить распределение действующего значения $U(x)$ и $I(x)$ вдоль линии, если $I_2 = 2 \text{ А}$.

Задание 9.6

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: на выходе линии без потерь с волновым сопротивлением $Z_c = 500 \text{ Ом}$, $v_{\text{ф}} = 250 \cdot 10^3 \text{ км/с}$, длиной $l = 62,5 \text{ км}$ измерено напряжение $U_2 = 100 \text{ В}$, частота $f = 2500 \text{ Гц}$. Сопротивление нагрузки линии $Z_n = -j\sqrt{3}Z_c$. Определить действующее значение напряжения и тока в начале линии. Построить распределение действующего значения $U(x)$ и $I(x)$ вдоль линии.