

**Институт
электроэнергетики**

Направление подготовки 130402 - электроэнергетика и электротехника

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

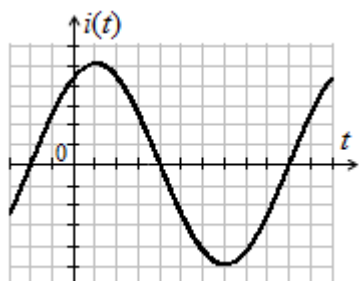
Задания экзаменационного билета №6 (5 баллов)

Задание 6.1

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



Определить мгновенное значение входного напряжения двухполюсника.

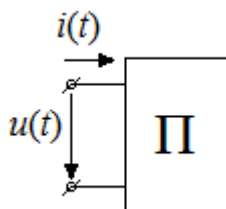
Ответ: $u(t) = 100\sin(\omega t + 105^\circ)$ В

Задание 6.2

Текст задания

Задание специальной 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.

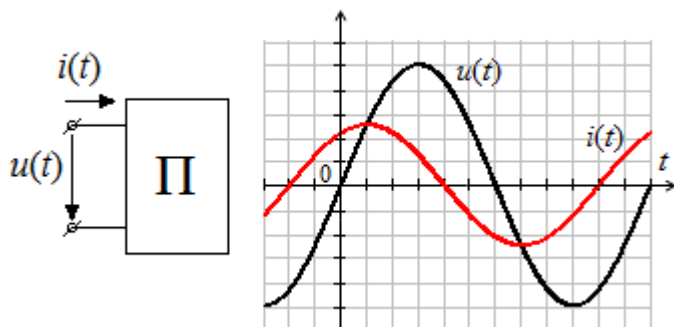
Ответ: $\underline{S} = 6000\angle 45^\circ$ ВА, $R = 10,61$ Ом, $L = 33,8$ мГн

Задание 6.3

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: На рисунке приведены кривые мгновенных значений напряжения и тока пассивного двухполюсника (П), 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.

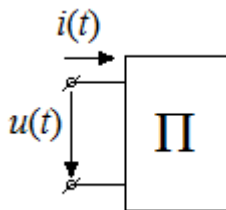
Ответ: $\underline{Z} = 12,7 \angle -60^\circ = 6,35 - j11$ Ом, $\underline{S} = 1270 \angle -60^\circ$ ВА, $P = 635$ Вт, $Q = -1100$ вар

Задание 6.4

Текст задания

Задание специальной 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.

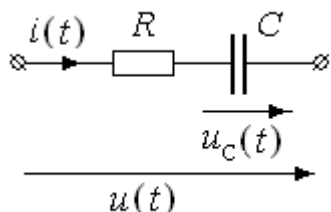
Ответ: $P = 500$ Вт, $Q = -866$ вар, $S = 1000$ ВА, $\underline{S} = 1000 \angle -60^\circ$ ВА

Задание 6.5

Текст задания

Задание специальной 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: $p(t) = 50\sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) \cdot 5 \sin(\omega t + 90^\circ) = 125 - 125\sqrt{2} \sin(2\omega t + 135^\circ)$ Вт, $P = 125$ Вт

Задание 6-6

Текст задания

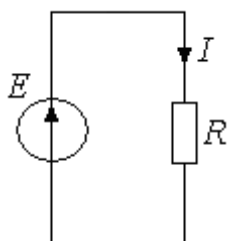
Задание специальной части (простое)

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.

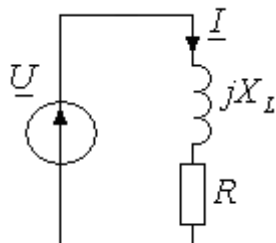
Определить индуктивное сопротивление и индуктивность катушки. Активное сопротивление катушки считать равным ее сопротивлению постоянному току.

Решение задания 6-6. Расчетная схема с источником постоянного напряжения имеет вид ($u_L = 0$):



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

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



Комплексное напряжение, комплексный ток и комплексное сопротивление:

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

Следовательно, $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \frac{U}{I} = \frac{100}{4} = 25$ Ом, индуктивное сопротивление

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{25^2 - 20^2} = 15 \text{ Ом}, \quad \text{индуктивность } L = \frac{X_L}{\omega} = 47,8 \text{ мГн.}$$

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

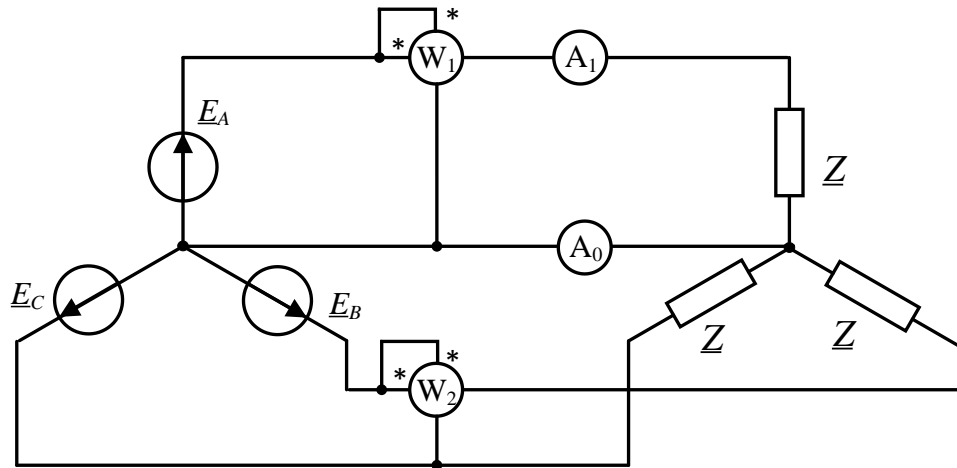
Задания экзаменационного билета №7 (5 баллов)

Задание 7.1

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



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

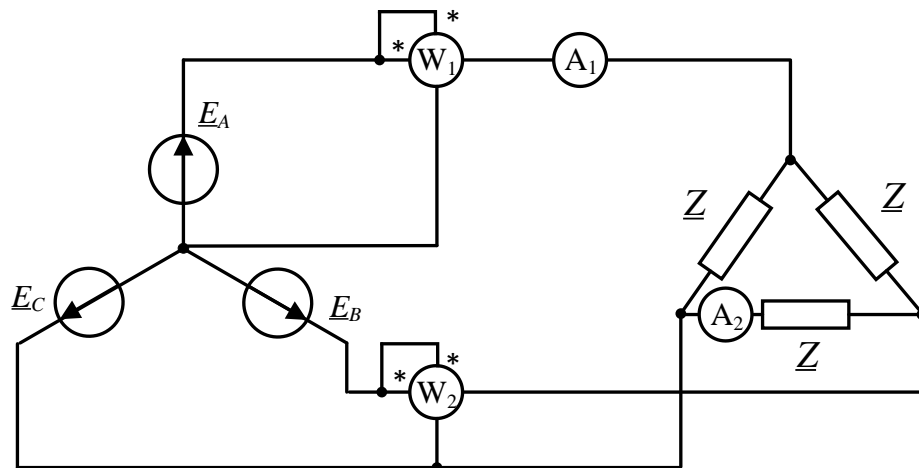
Ответ: $A_1 = I_A = 22 \text{ A}$, $A_0 = I_N = 0$, $P_{W_1} = 3870,5 \text{ Вт}$, $P_{W_2} = 3280 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} = 11611,4 \text{ Вт}$, $P_{\text{н}} = 11616 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} \cong P_{\text{н}}$

Задание 7.2

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



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

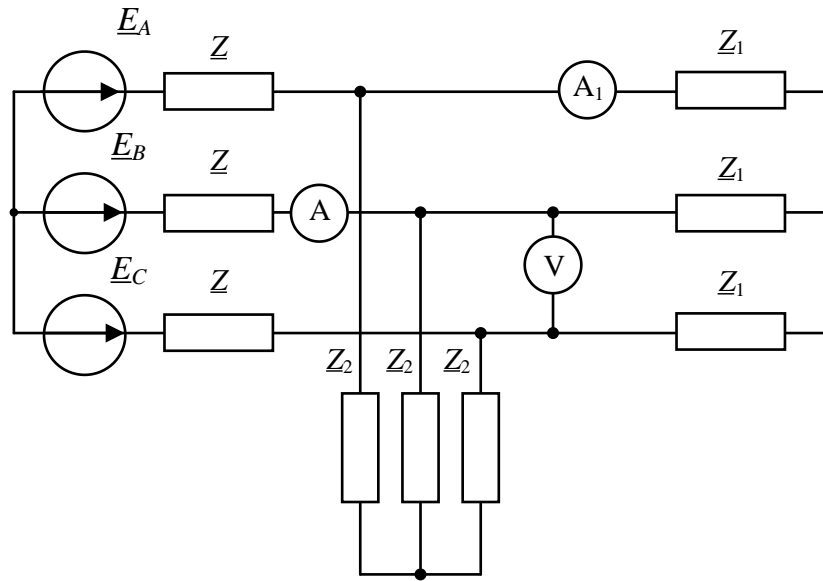
Ответ: $A_1 = I_A = 14,13 \text{ A}$, $A_2 = I_{BC} = 8,16 \text{ A}$, $P_{W_1} = 1000 \text{ Вт}$, $P_{W_2} = 632,68 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} = 2997 \text{ Вт}$, $P_{\text{н}} = 2996 \text{ Вт}$, $P_{\text{ист}} \cong P_{\text{н}}$

Задание 7.3

Текст задания

Задание специальной части (простое)

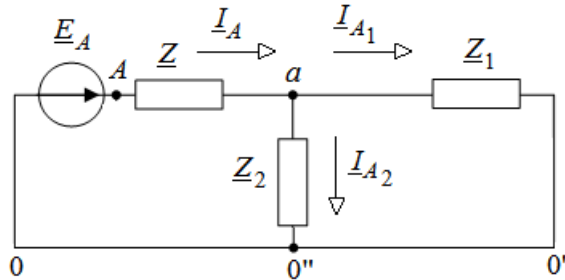
Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$; $Z_1 = 10 + j10 \text{ Ом}$
 $Z_2 = -j10 \text{ Ом}$, $Z = 5 \text{ Ом}$.



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

Ответ: $A = I_B = 12,2 \text{ А}$, $A_1 = I_{A1} = 12,2 \text{ А}$, $V = U_{bc} = 297,9 \text{ В}$

Эквивалентная схема на фазу А

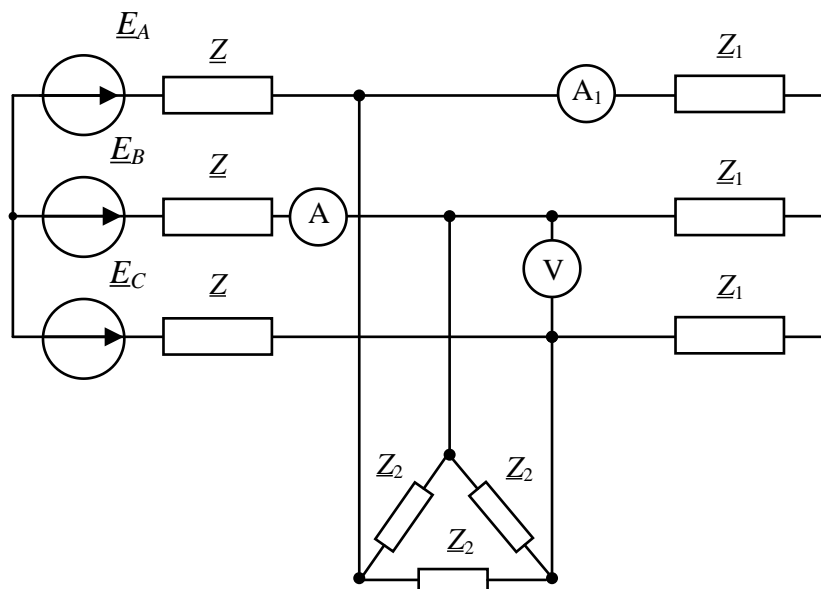


Задание 7.4

Текст задания

Задание специальной части (простое)

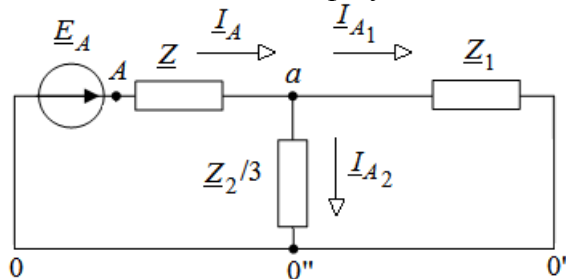
Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$; $Z_1 = 10 + j10 \text{ Ом}$
 $Z_2 = 30 - j30 \text{ Ом}$, $Z = 5 \text{ Ом}$.



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

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

Эквивалентная схема на фазу А



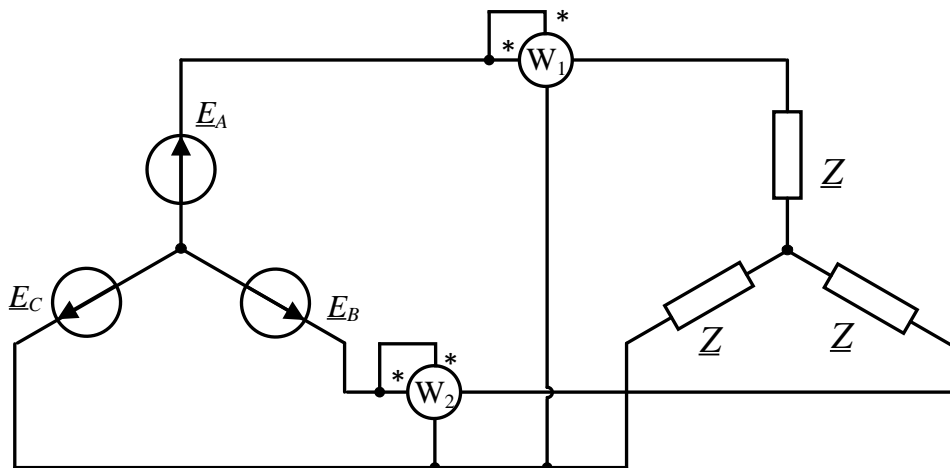
Задание 7.5

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{л} = 380 \text{ В}$, показания ваттметров

$P_{W_1} = 1800 \text{ Вт}$ и $P_{W_2} = 600 \text{ Вт}$.



Определить комплексное сопротивление симметричной нагрузки.

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

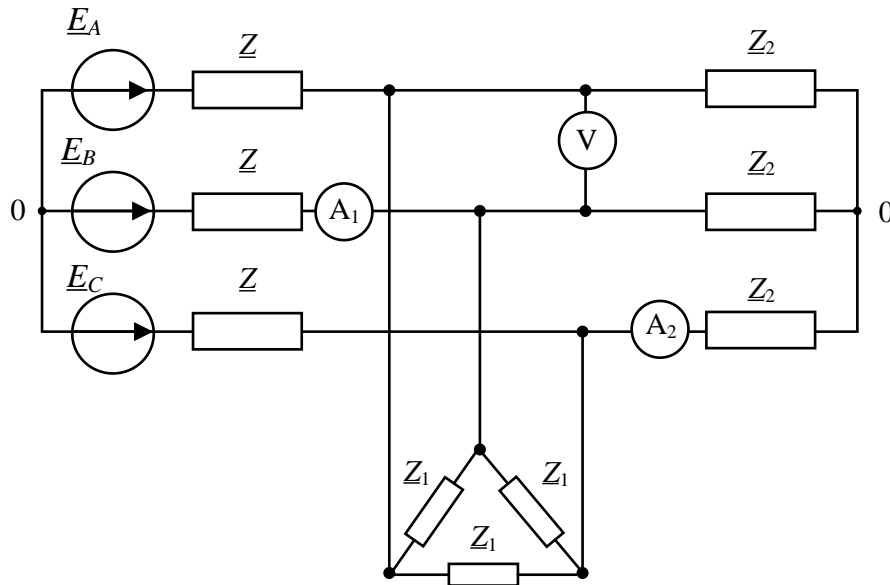
Задание 7-6

Текст задания

Задание специальной части (простое)

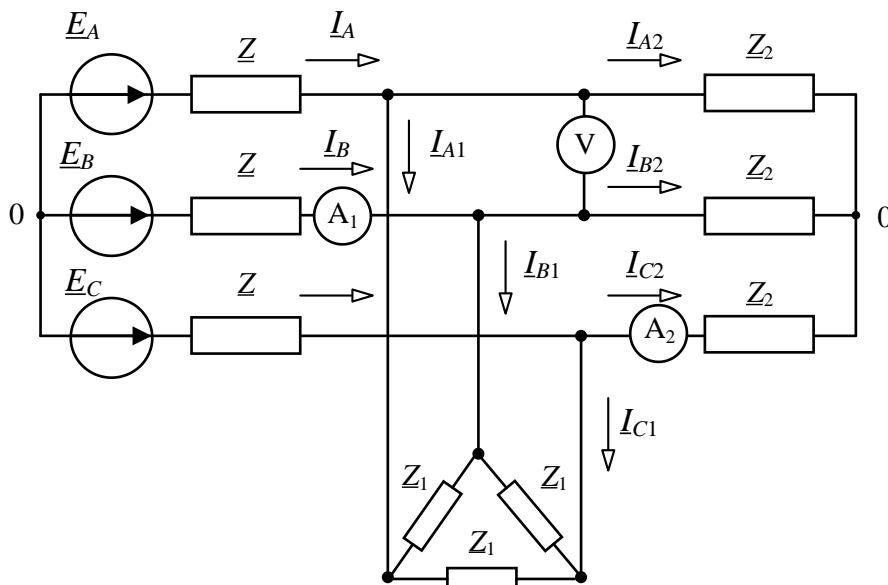
Дано: Линейное напряжение трехфазного источника $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$, $\underline{Z}_1 = -j54 \text{ Ом}$

$\underline{Z}_2 = 10 + j8 \text{ Ом}$, $\underline{Z} = j1,8 \text{ Ом}$. Составить эквивалентную схему на одну фазу, рассчитать комплексные токи через амперметры и показания приборов.



Решение задания 7.6.

Обозначим токи в ветвях трехфазной цепи.

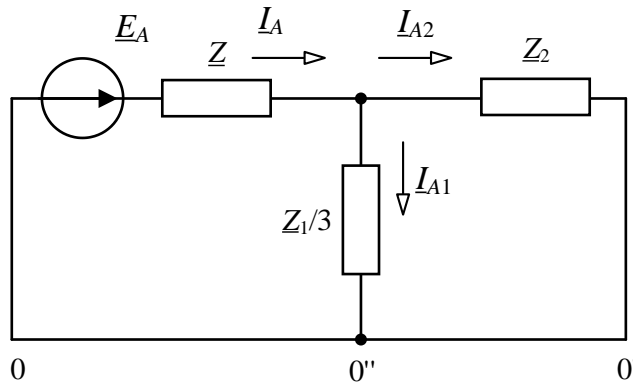


Преобразуем «треугольник» нагрузки в эквивалентную «звезду», $\underline{Z}'_1 = \frac{\underline{Z}_1}{3} = -j18 \text{ Ом}$.

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 :



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

Линейный ток фазы А:

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{Z + \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}} = \frac{220 \angle 0^\circ}{j1,8 + \frac{(-j18)(10 + j8)}{-j18 + 10 + j8}} = \frac{220}{j1,8 + 16,2 - j1,8} = 13,58 \text{ А, в силу симметрии}$$

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

Ток в фазе приемника Z_2 :

$$\underline{I}_{A2} = \underline{I}_A \cdot \frac{Z_1'}{Z_1' + Z_2} = 13,58 \cdot \frac{(-j18)}{10 + j8 - j18} = 12,26 - j12,26 = 17,28 \angle -45^\circ \text{ А, в силу симметрии}$$

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

Определим показание вольтметра:

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

Следовательно, показание вольтметра 382,3 В.

Ответ: показания амперметра А1: 13,58 А; амперметра А2: 17,28 А; вольтметра V: 382,3 В.

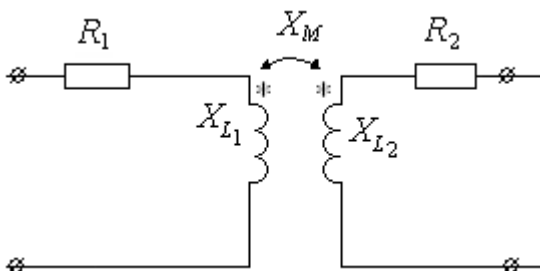
Задания экзаменационного билета №8 (5 баллов)

Задание 8.1

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



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

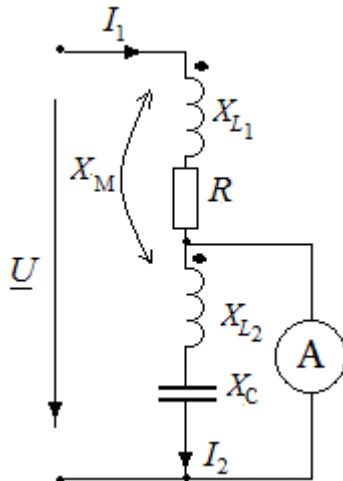
Ответ: $\underline{Z}_{\text{вх}} = 87,21 \angle 40,8^\circ = 66 + j57 \text{ Ом}$, $\underline{Z}_{\text{внос}} = 6,71 \angle -26,6^\circ = 6 - j3 \text{ Ом}$

Задание 8.2

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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} .

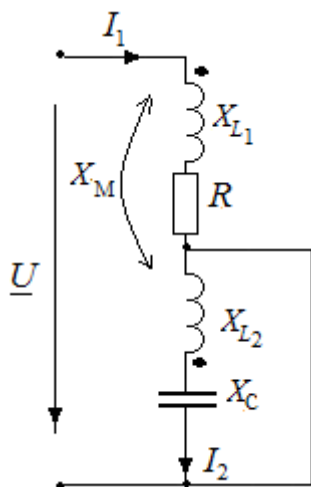
Ответ: $\underline{U} = 50 + j50 = 50\sqrt{2} \angle 45^\circ = 70,7 \angle 45^\circ \text{ В}$

Задание 8.3

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: $R = 15 \text{ Ом}$, $X_{L1} = 20 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 40 \text{ Ом}$, $X_C = 20 \text{ Ом}$, $X_M = 10 \text{ Ом}$.



Определить комплексное входное сопротивление двухполюсника

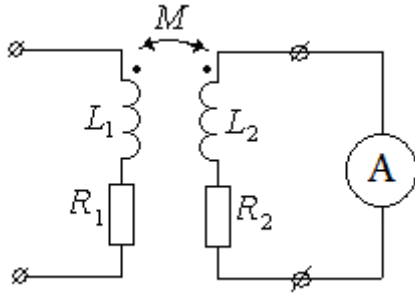
Ответ: $\underline{Z}_{\text{вх}} = 15 + j15 = 15\sqrt{2} \angle 45^\circ = 21,21 \angle 45^\circ \text{ Ом}$

Задание 8.4

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



Определить комплексы тока и напряжения первичной цепи трансформатора.

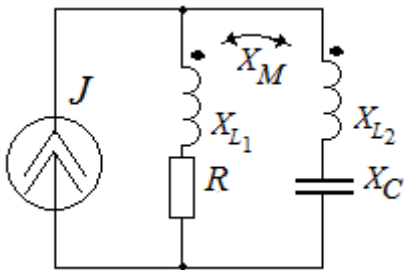
Ответ: $\underline{U}_1 = -160 - j284 = 325,97 \angle -119,4^\circ \text{ В}$, $\underline{I}_1 = -4 - j0,8 = 4,08 \angle 168,7^\circ \text{ А}$

Задание 8.5

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано: $R = 10 \text{ Ом}$, $X_{L_1} = 20 \text{ Ом}$, $X_{L_2} = 40 \text{ Ом}$, $X_C = 20 \text{ Ом}$, $X_M = 10 \text{ Ом}$. Ток источника тока $J = 4 \text{ А}$.



Определить активную мощность источника тока.

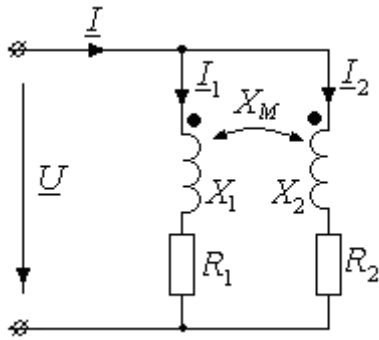
Ответ: $P = 31,89 \text{ Вт}$

Задание 8-6

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



Решение задания 8-6.

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:

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

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

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

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

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

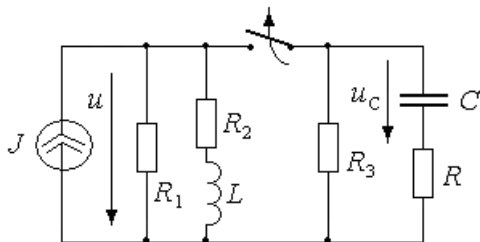
Задания экзаменационного билета №9 (15 баллов)

Задание 9.1

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 и напряжение на конденсаторе после коммутации.

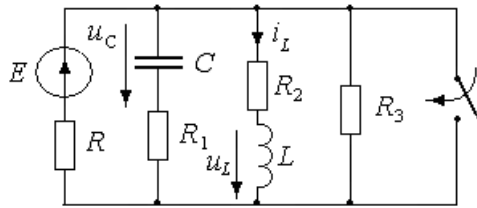
Ответ: $u(t) = 90 - 30e^{-2 \cdot 10^4 t} \text{ В, } u_c(t) = 60e^{-2 \cdot 10^5 t} \text{ В}$

Задание 9.2

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, ток и напряжение на катушке после коммутации.

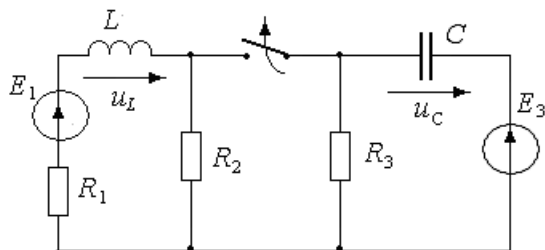
Ответ: $u_C(t)=100e^{-2 \cdot 10^5 t}$ В, $i_L(t)=5e^{-10^3 t}$ А, $u_L(t)=-100e^{-10^3 t}$ В

Задание 9.3

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 и напряжение на катушке после коммутации.

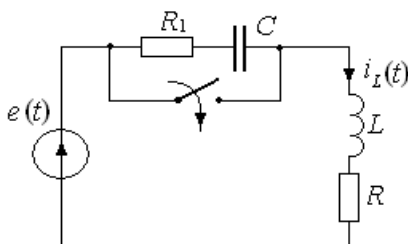
Ответ: $u_C(t)=-50+66,67e^{-10^4 t}$ В, $u_L(t)=140e^{-7500 t}$ В

Задание 9.4

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 после коммутации.

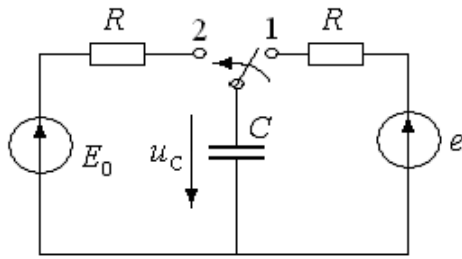
Ответ: $i_L(t)=0,98\sin(2500t - 48,7^\circ) + 1,74e^{-500 t}$ А

Задание 9.5

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 после коммутации.

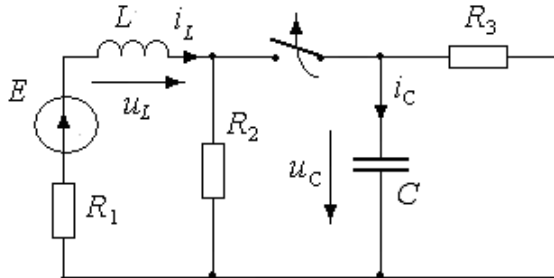
Ответ: $u_C(t) = 300 - 318,3e^{-1000t}$ В

Задание 9.6

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

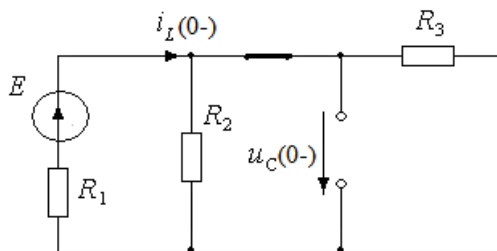
Дано: $E = 300$ В, $L = 10$ мГн, $C = 10$ мкФ, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = R_3 = 20$ Ом.



Определить ток и напряжение на катушке и конденсаторе после коммутации.

Решение задания 9.6.

- Находим независимые начальные условия (ННУ) по схеме до коммутации. Ключ замкнут, действует постоянное ЭДС.

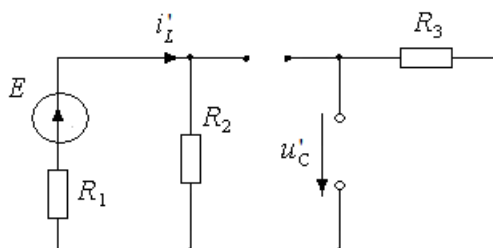


$$i_L(0_-) = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = 15 \text{ А,}$$

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

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

- Расчет установившегося режима: ключ разомкнут, действует постоянное ЭДС



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

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

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

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

3. Составляем характеристические уравнения подсхем и находим корни этих уравнений

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

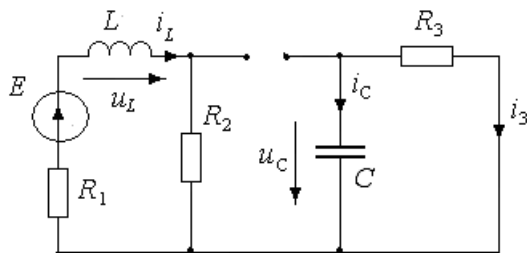
$$\frac{1}{pC} + R_3 = 0 \rightarrow p_2 = -\frac{1}{R_3 C} = -5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

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 №10 (15 баллов)

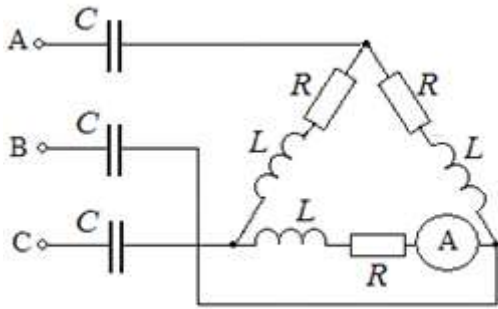
Задание 10.1

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Линейное напряжение трехфазного генератора

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



Определить показание амперметра электромагнитной системы.

Ответ: показания амперметра A: 5,27 А

Задание 10.2

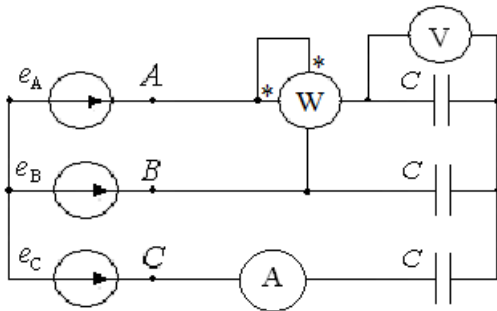
Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Фазные обмотки симметричного трехфазного генератора с фазной ЭДС

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

$$1/\omega C = 90 \text{ Ом}$$



Определить показания приборов электромагнитной системы.

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

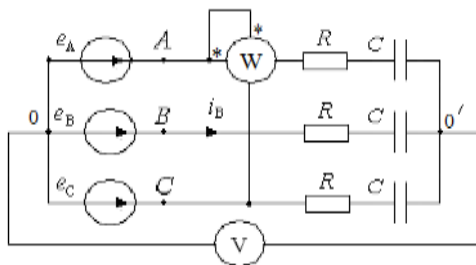
Задание 10.3

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.

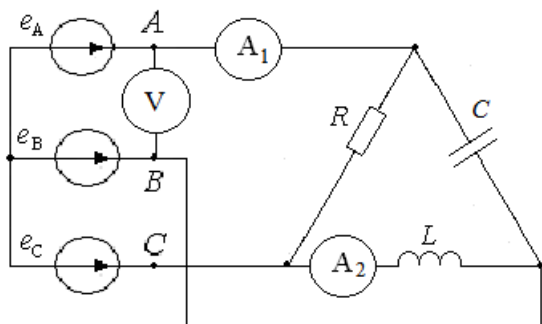
Задание 10.4

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: В трехфазной цепи $R = 15 \text{ Ом}$, $\omega L = 1/\omega C = 45 \text{ Ом}$, 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.

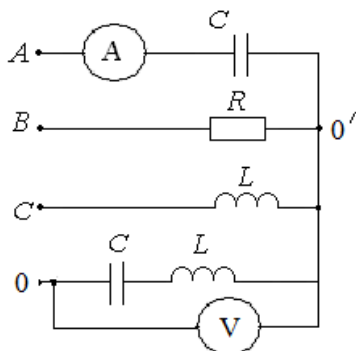
Задание 10.5

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: В трехфазной цепи $R = 15 \text{ Ом}$, $\omega L = 1/\omega C = 45 \text{ Ом}$, фазное напряжение источника

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



Определить показания приборов электромагнитной системы.

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

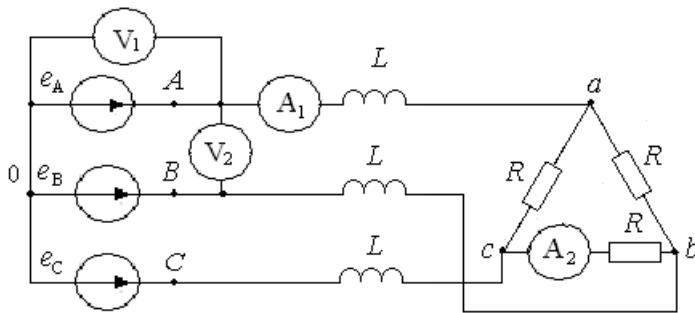
Задание 10.6.

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

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

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



Определить показания приборов электромагнитной системы.

Решение: 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

$\underline{Z}_A^{(k)} = \underline{Z}_B^{(k)} = \underline{Z}_C^{(k)} = \frac{R}{3} + jk\omega L = 4 + j3 \cdot k$, 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: $\underline{I}_A^{(3)} = \underline{I}_B^{(3)} = \underline{I}_C^{(3)} = 0$.

Действующие значения линейных токов первой и пятой гармоник соответственно равны:

$$I_A^{(1)} = I_B^{(1)} = I_C^{(1)} = \frac{283}{\sqrt{2}\sqrt{4^2 + 3^2}} = 40,1 \text{ А}, \quad I_A^{(5)} = I_B^{(5)} = I_C^{(5)} = \frac{42,4}{\sqrt{2}\sqrt{4^2 + (5 \cdot 3)^2}} = 1,94 \text{ А}.$$

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

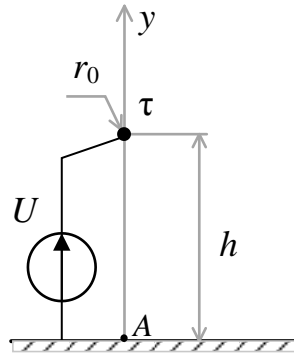
Задания экзаменационного билета №11 (15 баллов)

Задание 11.1

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Провод линии передачи, имеющий радиус сечения $r_0 = 4 \text{ см}$, подвешен на высоте $h = 6 \text{ м}$ и находится относительно земли под напряжением $U = 100 \text{ кВ}$.



Определить емкость системы на единицу длины и линейный заряд провода.

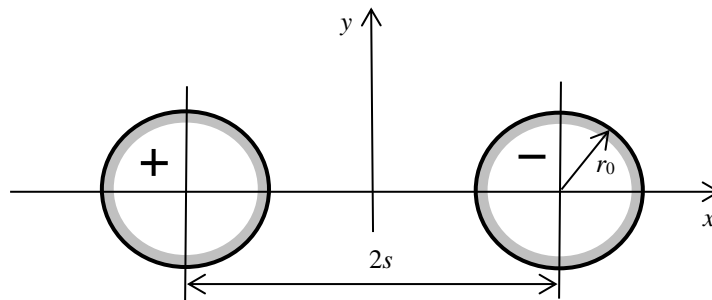
Ответ: емкость системы на единицу длины: $C_0 = 9,75 \cdot 10^{-12}$ Ф/м , линейный заряд провода: $\tau = 0,975 \cdot 10^{-6}$ Кл/м .

Задание 11.2

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Двухпроводная линия при заданных $2s = 25$ мм; $r_0 = 10$ мм находится под напряжением $U=1$ кВ.



Определить емкость системы на единицу длины и максимальную напряженность электрического поля.

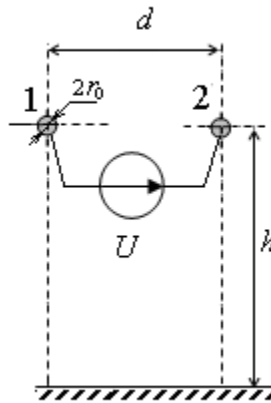
Ответ: емкость системы на единицу длины: $C_0 = 40 \cdot 10^{-12}$ Ф/м , максимальную напряженность электрического поля: $E_{\max} = 216000$ В/м .

Задание 11.3

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Для двухпроводной линии над землей задано $h=4,8$ м, $d = 1,2$ м, радиусы проводов $r_0 = 2,5$ мм, напряжение $U = 560$ В.



Определить емкость двухпроводной линии с учетом влияния Земли, заряды на 1 м длины

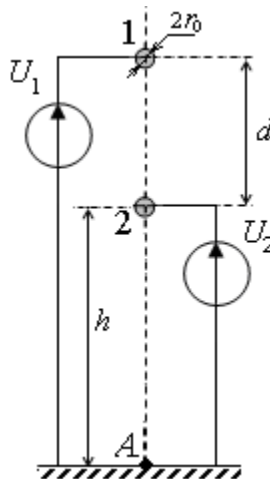
Ответ: емкость двухпроводной линии с учетом влияния Земли на единицу длины: $C_0 = 4,2 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, линейная плотность зарядов проводов: $\tau_1 = -2,352 \cdot 10^{-9}$ Кл/м, $\tau_2 = 2,352 \cdot 10^{-9}$ Кл/м.

Задание 11.4

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Для двухпроводной линии над землей задано $h = 5$ м; $d = 2,5$ м; радиус проводов $r_0 = 10$ мм, провод 1 двухпроводной линии находится под напряжением $U_1 = 10$ кВ, провод 2 под напряжением $U_2 = 4$ кВ.



Определить линейную плотность зарядов проводов и напряженность электрического поля в т. А.

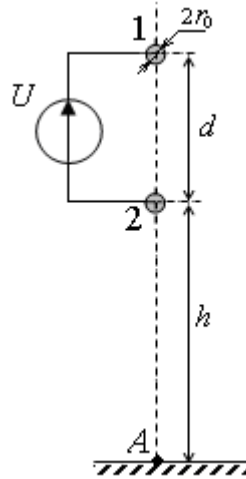
Ответ: линейная плотность зарядов проводов: $\tau_1 = 72,6 \cdot 10^{-9}$ Кл/м, $\tau_2 = 13,34 \cdot 10^{-9}$ Кл/м; напряженность электрического поля в т. А: $E_{Ay} = -444,45$ В/м, напряженность направлена вертикально вниз.

Задание 11.5

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Для двухпроводной линии над землей задано $h=5$ м, $d=3$ м, радиусы проводов $r_0=2,5$ мм, напряжение $U=1000$ В.



Определить линейную плотность зарядов проводов и напряженность электрического поля в т. А.

Решение: Применив метод зеркальных изображений, заменим заданную систему двух проводов системой четырех проводов (см. рисунок) и проведем расчет в однородной среде.

Запишем формулы Максвелла с потенциальными коэффициентами:

$$\varphi_1 = \alpha_{11}\tau_1 + \alpha_{12}\tau_2$$

$$\varphi_2 = \alpha_{21}\tau_1 + \alpha_{22}\tau_2$$

где

$$\alpha_{11} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2(h+d)}{r_0} = 158 \cdot 10^9 \text{ м/Ф};$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{21} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h+d}{d} = 26,4 \cdot 10^9 \text{ м/Ф};$$

$$\alpha_{22} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{2h}{r_0} = 149 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}.$$

Так как система линейных зарядов изолирована от земли, то $\tau_1 + \tau_2 = 0$, пусть $\tau_1 = \tau$, $\tau_2 = -\tau$. С учетом того, что $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ имеем

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \alpha_{11}\tau_1 + \alpha_{12}\tau_2 - \alpha_{21}\tau_1 - \alpha_{22}\tau_2 = (\alpha_{11} + \alpha_{22} - 2\alpha_{12})\tau.$$

Емкость двухпроводной линии на единицу длины

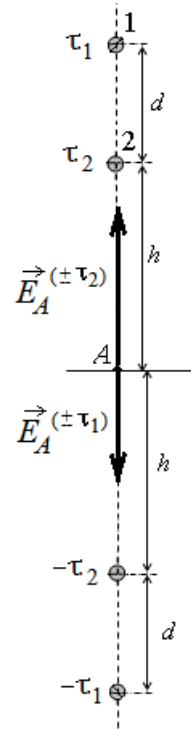
$$C_0 = \frac{\tau}{U} = \frac{1}{(\alpha_{11} + \alpha_{22} - 2\alpha_{12})} = 3,9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}.$$

Линейные заряды проводов:

$$\tau = C_0 U = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}, \quad \tau_1 = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}, \quad \tau_2 = -3,9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}.$$

Модуль напряженности электрического поля в т. А (см. рисунок)

$$E_A^{(\pm\tau_2)} = \frac{2\tau}{2\pi\epsilon_0 h} = 28,08 \text{ В/м}, \quad E_A^{(\pm\tau_1)} = \frac{2\tau}{2\pi\epsilon_0 (h+d)} = 17,55 \text{ В/м},$$



$E_A = E_A^{(\pm\tau_2)} - E_A^{(\pm\tau_1)} = 10,53 \text{ В/м}$, напряженность направлена вертикально вверх.

Ответ: линейная плотность зарядов проводов: $\tau_1 = 3,9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}$, $\tau_2 = -3,9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}$; напряженность электрического поля в т. А: $E_{Ay} = 10,53 \text{ В/м}$, напряженность направлена вертикально вверх.

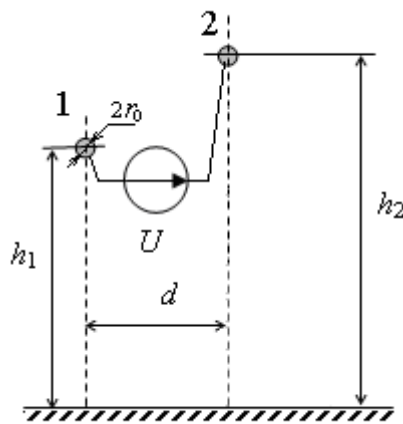
Задание 11.6

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

Дано: Для двухпроводной линии над землей задано $h_1=5,4 \text{ м}$, $h_2=6,4 \text{ м}$, $d = 1,5 \text{ м}$, радиусы проводов $r_0 = 2,5 \text{ мм}$, $U = 560 \text{ В}$.

Определить емкость двухпроводной линии с учетом влияния Земли, заряды на 1 м длины



Ответ: емкость двухпроводной линии с учетом влияния Земли на единицу длины: $C_0 = 4,23 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

РАЗРАБОТАЛИ:

Зав. кафедрой ТОЭ
Доцент кафедры ТОЭ
Доцент кафедры ТОЭ
Доцент кафедры ТОЭ

Тулский В.Н.
Козьмина И.С.
Толчеев О.В.
Жохова М.П.

УТВЕРДИЛ:

Директор ИЭЭ

Тулский В.Н.