

Банк заданий по специальной части вступительного испытания в  
магистратуру

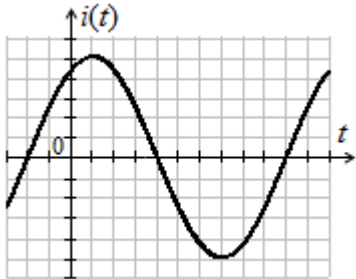
Задания экзаменационного билета №6 (5 баллов)

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.

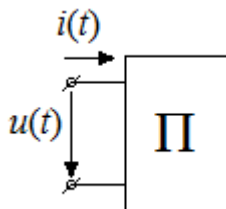
Ответ:  $u(t) = 100\sin(\omega t + 105^\circ)$  В

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.

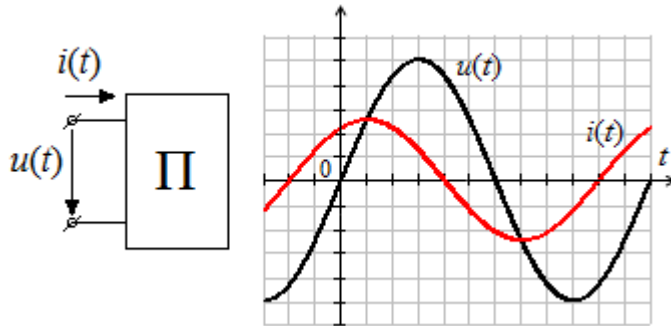
Ответ:  $\underline{S} = 6000\angle 45^\circ$  ВА,  $R = 10,61$  Ом,  $L = 33,8$  мГн

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.

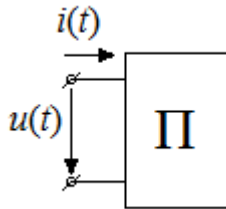
**Ответ:**  $\underline{Z} = 12,7\angle 60^\circ = 6,35 + j11$  Ом,  $\underline{S} = 1270\angle 60^\circ$  ВА,  $P = 635$  Вт,  $Q = 1100$  Вар

#### 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.

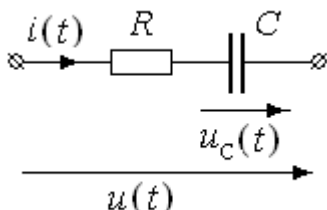
**Ответ:**  $P = 500$  Вт,  $Q = -866$  Вар,  $S = 1000$  ВА,  $\underline{S} = 1000\angle -60^\circ$  ВА

#### 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

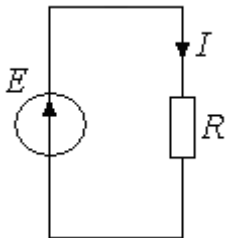
Задание специальной части (простое)

**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.

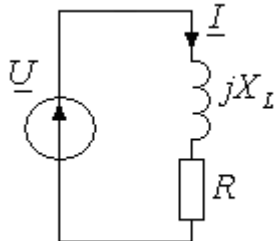
**Определить** индуктивное сопротивление и индуктивность катушки. Активное сопротивление катушки считать равным ее сопротивлению постоянному току.

**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

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

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

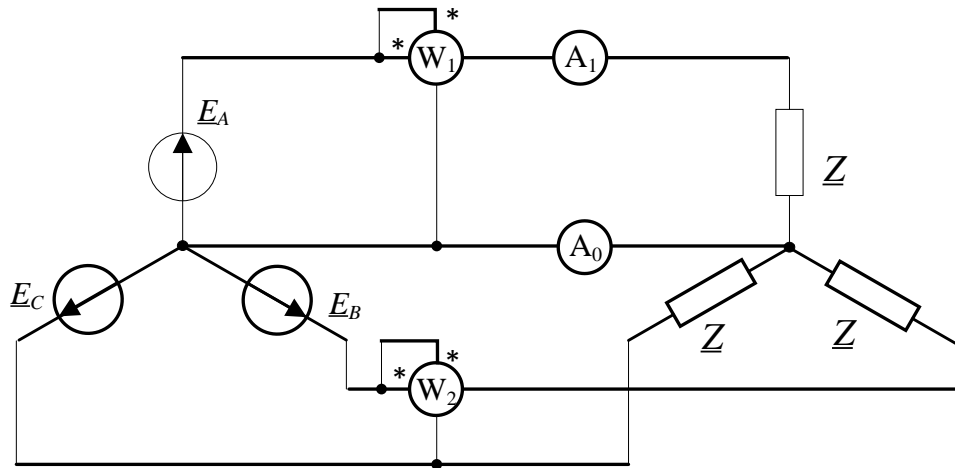
**Задания экзаменационного билета №7 (5 баллов)**

**Задание 7.1**

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



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

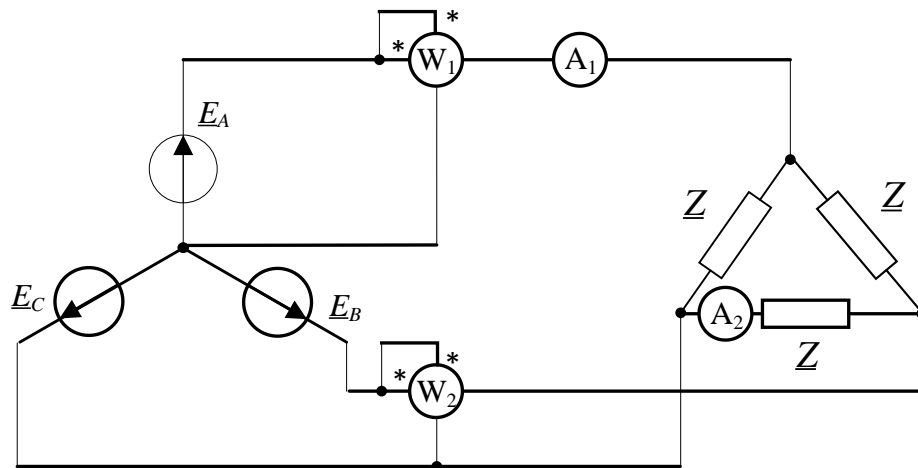
**Ответ:**  $A_1 = I_A = 22 \text{ A}$ ,  $A_0 = I_N = 0$ ,  $P_{W_1} = 3870,5 \text{ Вт}$ ,  $P_{W_2} = 3280 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{ист}} = 11611,4 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{н}} = 11616 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{ист}} \cong P_{\text{н}}$

### 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.

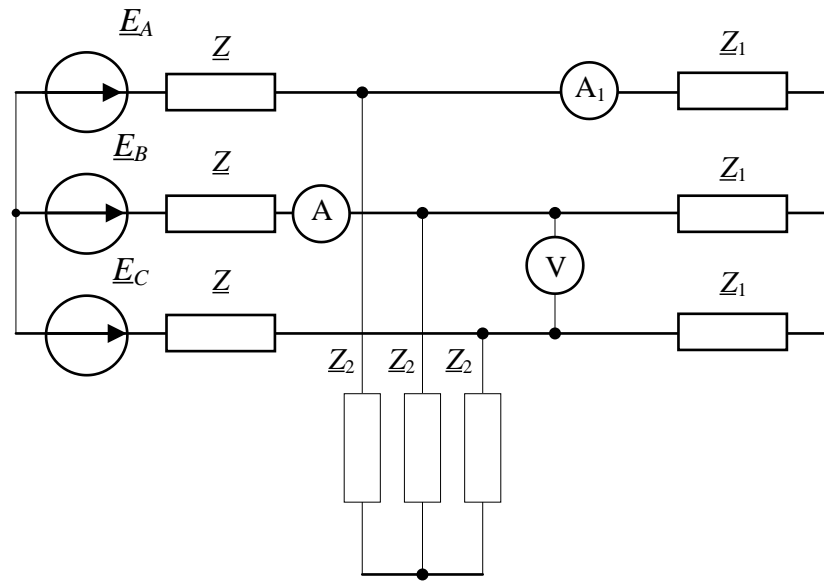
**Ответ:**  $A_1 = I_A = 14,13 \text{ А}$ ,  $A_2 = I_{BC} = 8,16 \text{ А}$ ,  $P_{W_1} = 1000 \text{ Вт}$ ,  $P_{W_2} = 632,68 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{ист}} = 2997 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{н}} = 2996 \text{ Вт}$ ,  $P_{\text{ист}} \cong P_{\text{н}}$

### Задание 7.3

Текст задания

Задание специальной части (простое)

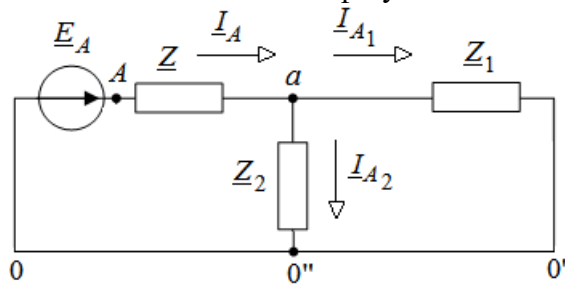
**Дано:** Линейное напряжение трехфазного источника  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ;  $Z_1 = 10 + j10 \text{ Ом}$   
 $Z_2 = -j10 \text{ Ом}$ ,  $Z = 5 \text{ Ом}$ .



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

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

Эквивалентная схема на фазу А

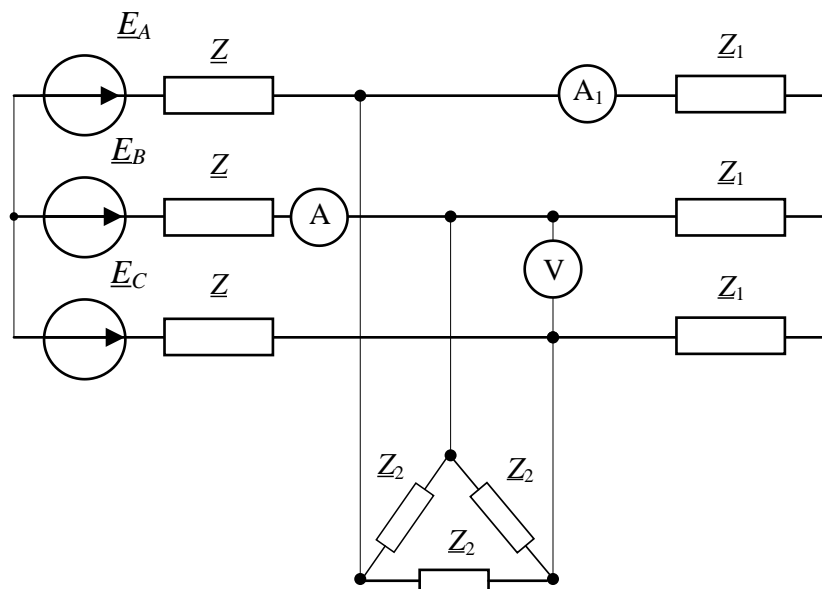


#### Задание 7.4

Текст задания

Задание специальной части (простое)

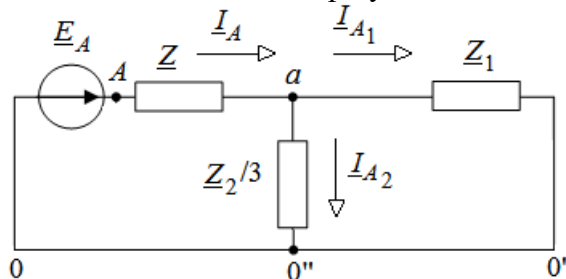
**Дано:** Линейное напряжение трехфазного источника  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ;  $Z_1 = 10 + j10 \text{ Ом}$   
 $Z_2 = 30 - j30 \text{ Ом}$ ,  $Z = 5 \text{ Ом}$ .



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



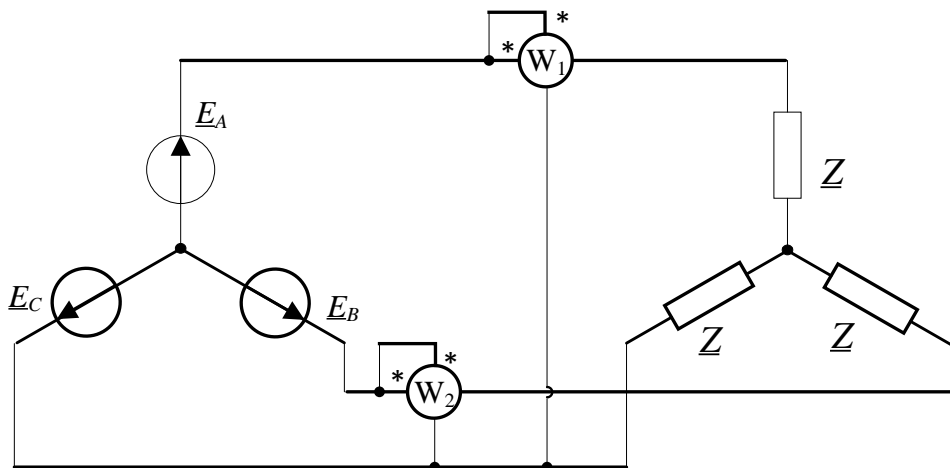
### Задание 7.5

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.

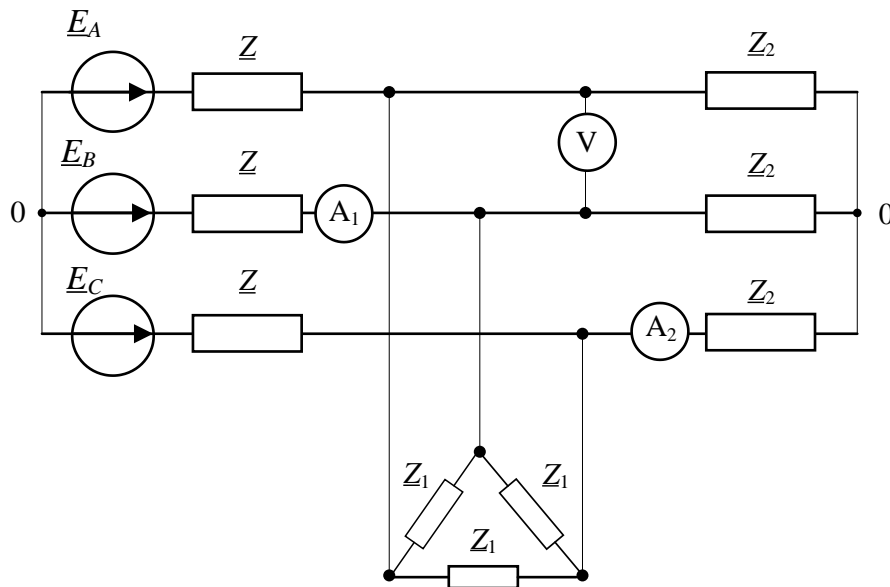
Ответ:  $\underline{Z} = 45,44 \angle 41^\circ = 34,46 + j29,96 \text{ Ом}$

### Задание 7-6

Текст задания

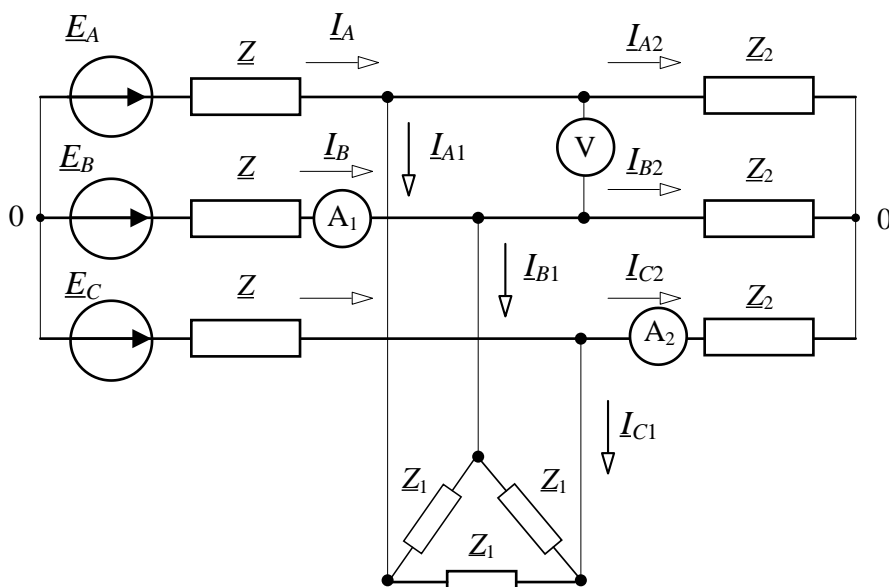
Задание специальной части (простое)

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.

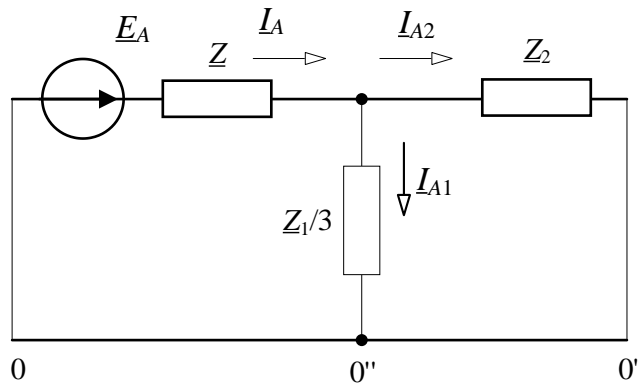


Преобразуем «треугольник» нагрузки в эквивалентную «звезду»,  $\underline{Z}'_1 = \frac{\underline{Z}_1}{3} = -j18 \text{ Ом}$ .

Потенциал нулевой точки эквивалентной "звезды" будет равен потенциалам нулевых

точек источника и нагрузки с соединением фаз "звездой" ( $\underline{\varphi}_0 = \underline{\varphi}_{0'} = \underline{\varphi}_{0''}$ ). 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:

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

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

Ток в фазе приемника  $\underline{Z}_2$ :

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

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

Определим показание вольтметра:

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

Следовательно, показание вольтметра 382,3 В.

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

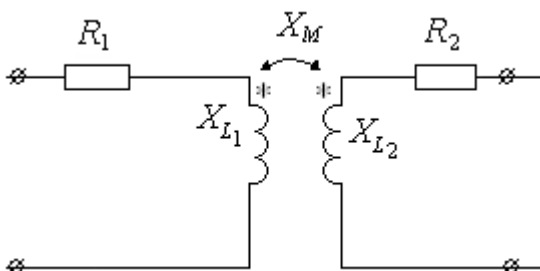
### Задания экзаменационного билета №8 (5 баллов)

#### 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.

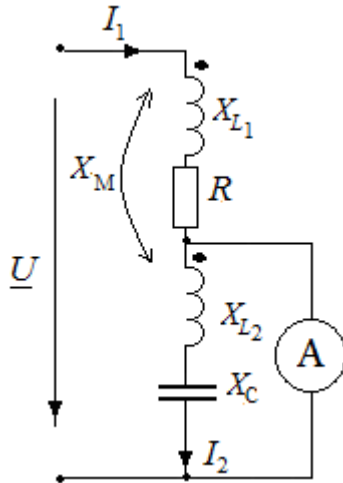
**Ответ:**  $\underline{Z}_{\text{вх}} = 87,21 \angle 40,8^\circ = 66 + j57 \text{ Ом}$ ,  $\underline{Z}_{\text{внос}} = 6,71 \angle -26,6^\circ = 6 - j3 \text{ Ом}$

### 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  $\underline{U}$ .

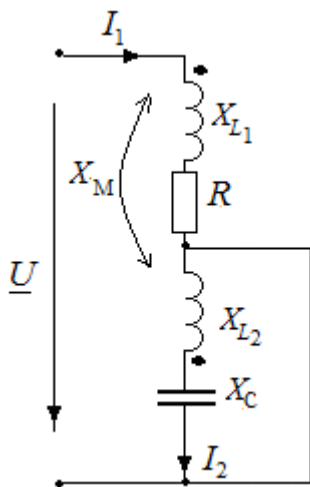
**Ответ:**  $\underline{U} = 50 + j50 = 50\sqrt{2} \angle 45^\circ = 70,7 \angle 45^\circ \text{ В}$

### 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

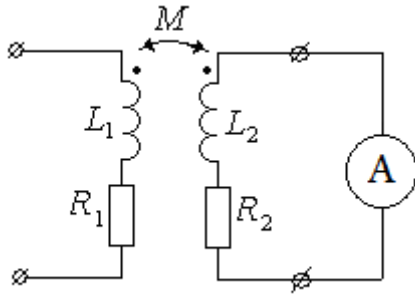
**Ответ:**  $\underline{Z}_{\text{вх}} = 15 + j5 = 15\sqrt{2} \angle 45^\circ = 21,21 \angle 45^\circ \text{ Ом}$

### Задание 8.4

Текст задания

Задание специальной части (простое)

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



**Определить** комплексы тока и напряжения первичной цепи трансформатора.

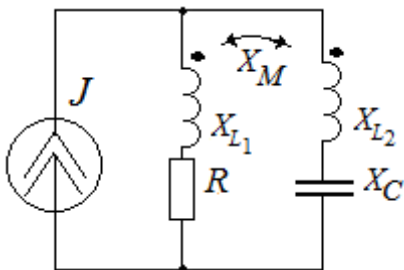
**Ответ:**  $\underline{U}_1 = -160 - j284 = 325,97 \angle -119,4^\circ \text{ В}$ ,  $\underline{I}_1 = -4 - j0,8 = 4,08 \angle 168,7^\circ \text{ А}$

### Задание 8.5

Текст задания

Задание специальной части (простое)

Дано:  $R = 10 \text{ Ом}$ ,  $X_{L1} = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_{L2} = 40 \text{ Ом}$ ,  $X_C = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_M = 10 \text{ Ом}$ . Ток источника тока  $J = 4 \text{ А}$ .



**Определить** активную мощность источника тока.

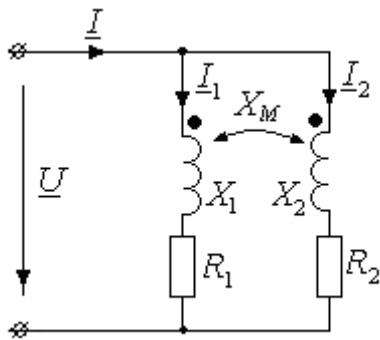
**Ответ:**  $P = 31,89 \text{ Вт}$

### 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:

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

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

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

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.

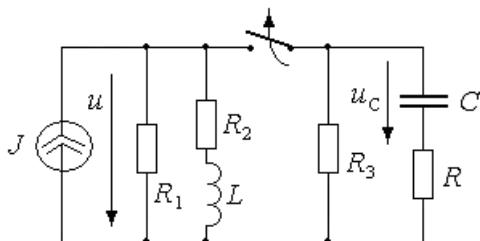
### Задания экзаменационного билета №9 (15 баллов)

#### 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.

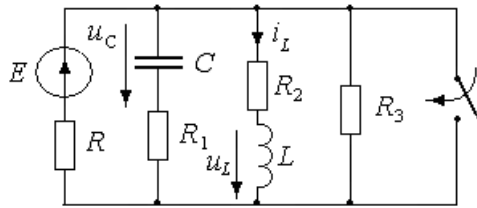
**Ответ:**  $u(t) = 90 - 30e^{-2 \cdot 10^4 t} \text{ В}$ ,  $u_c(t) = 60e^{-2 \cdot 10^5 t} \text{ В}$

#### 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.

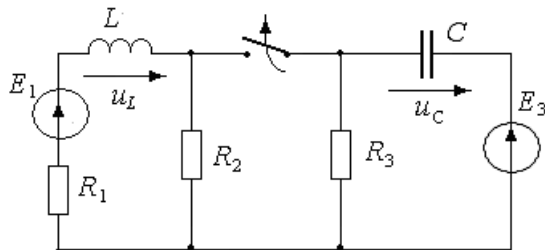
**Ответ:**  $u_C(t)=100e^{-2 \cdot 10^5 t}$  В,  $i_L(t)=5e^{-10^3 t}$  В,  $u_L(t)=-100e^{-10^3 t}$  В

### 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.

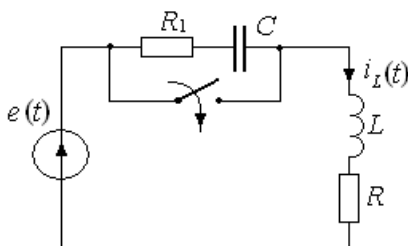
**Ответ:**  $u_C(t) = -50 + 66,67e^{-10^4 t}$  В,  $u_L(t) = 140e^{-7500t}$  В

### 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.

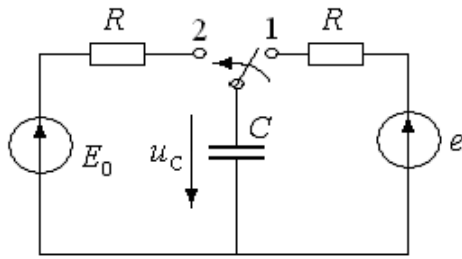
**Ответ:**  $i_L(t) = 0,98\sin(2500t - 48,7^\circ) + 1,74e^{-500t}$  А

### 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.

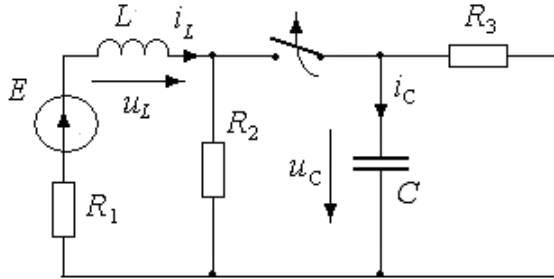
Ответ:  $u_C(t) = 300 - 318,3e^{-1000t}$  В

### Задание 9.6

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

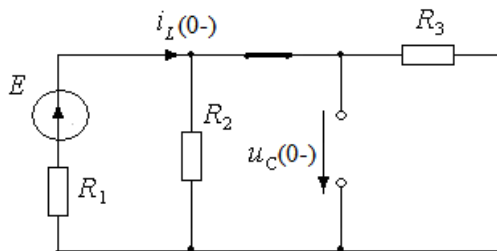
Дано:  $E = 300$  В,  $L = 10$  мГн,  $C = 10$  мкФ,  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = R_3 = 20$  Ом.



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.

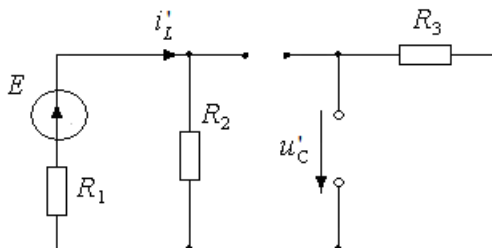


$$i_L(0_-) = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = 15 \text{ А,}$$

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

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

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

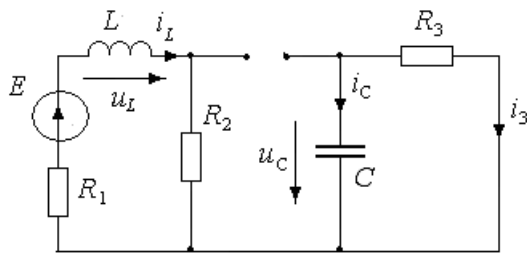
$$\frac{1}{pC} + R_3 = 0 \rightarrow p_2 = -\frac{1}{R_3 C} = -5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

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)

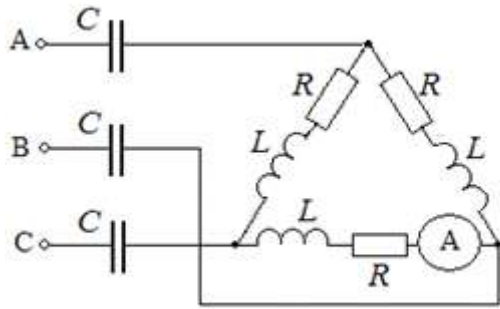
#### Задание 10.1

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

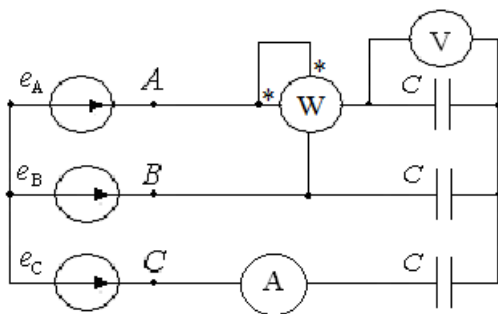
Текст задания

Задание специальной части (сложное)

**Дано:** Фазные обмотки симметричного трехфазного генератора с фазной ЭДС

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

$$1/\omega C = 90 \text{ Ом}$$



**Определить** показания приборов электромагнитной системы.

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

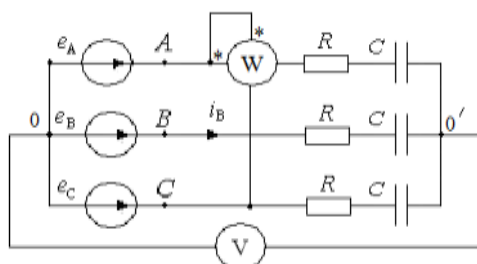
### Задание 10.3

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.

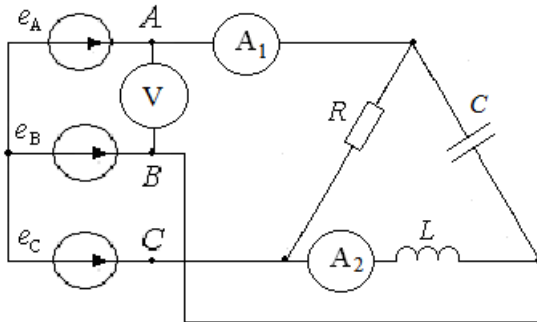
### Задание 10.4

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.

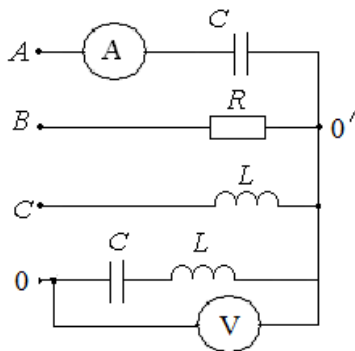
### Задание 10.5

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.

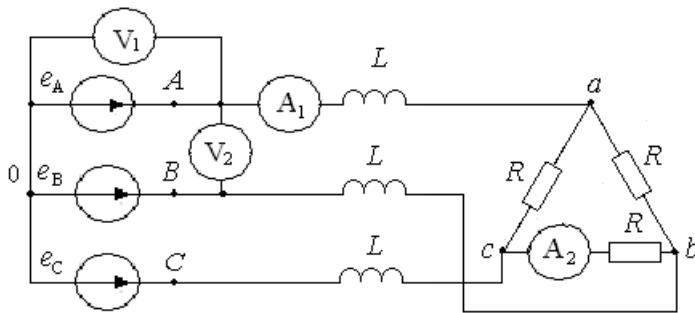
Текст задания

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)

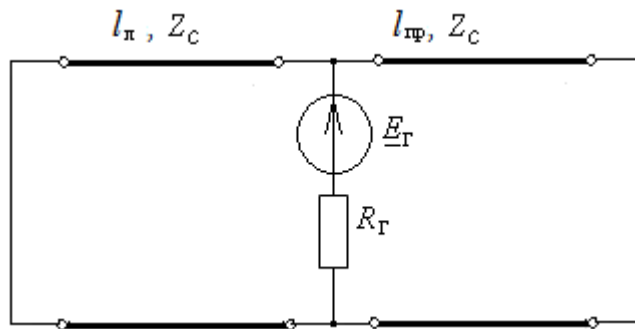
#### Задание 11.1

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

**Дано:** Длина линии левого участка  $l_{л} = \lambda/4$ , правого участка  $l_{пр} = \lambda/8$ . Волновое сопротивление правой и левой линий  $Z_c = 400 \text{ Ом}$ . 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.

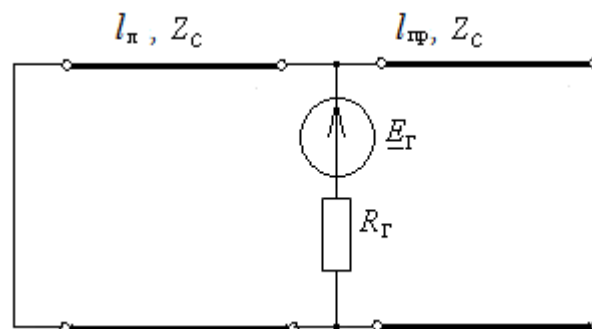


### Задание 11.2

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.

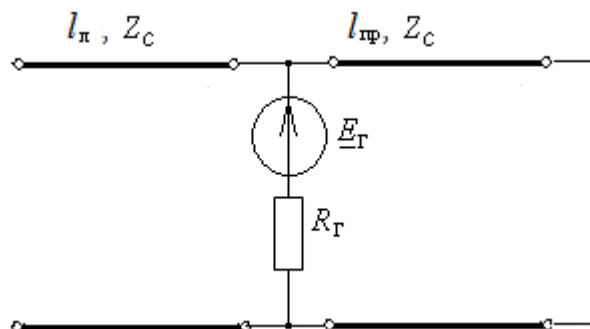


### Задание 11.3

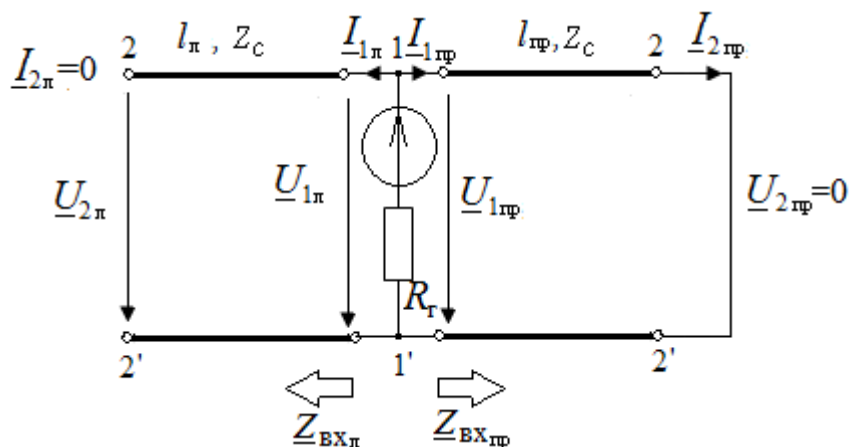
Текст задания

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.



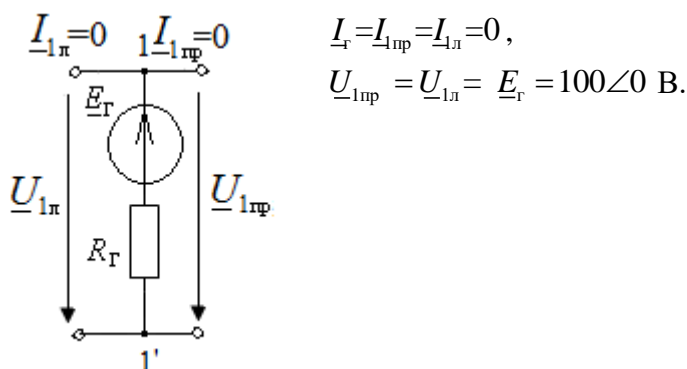
**Решение:** Обозначим токи и напряжения на входе и выходе правой и левой линии. При коротком замыкании или в случае разомкнутой линии наблюдаются стоячие волны, на конце левой линии узел тока  $I_{2л} = 0$  и пучность напряжения; в конце правой линии узел напряжения  $U_{2пр} = 0$  и пучность тока.



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

- а)  $l_{пр} = \frac{3\lambda}{4} \Rightarrow Z_{вхпр} = jZ_c \operatorname{tg} \beta \frac{3\lambda}{4} = jZ_c \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} \frac{3\lambda}{4} = \infty \text{ Ом};$   
 б)  $l_{л} = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow Z_{вхл} = -jZ_c \operatorname{ctg} \beta \frac{\lambda}{2} = -jZ_c \operatorname{ctg} \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} = \infty \text{ Ом};$  в сечении 1-1' справа и слева узел тока  $I_{1пр} = I_{1л} = 0$  и пучность напряжения;

Расчетная схема в сечении 1-1':



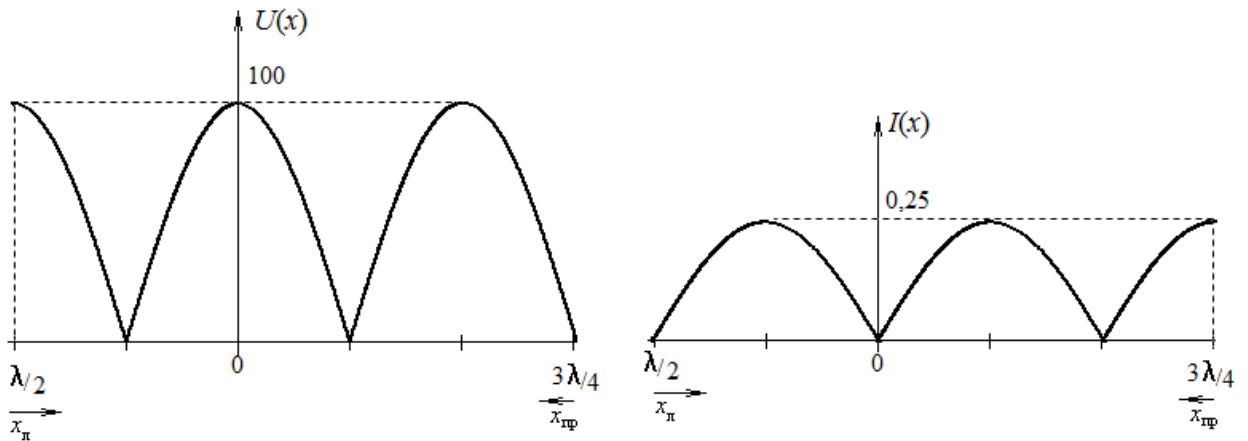
Для правой короткозамкнутой линии  $I_{2пр}$  - пучность тока, пучность напряжения

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

Для левой разомкнутой линии пучность напряжения  $U_{1л} = U_{\max л}$ , 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 11.4

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

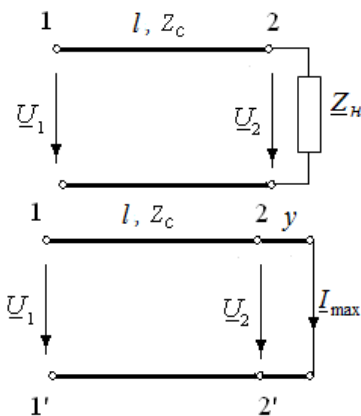
**Дано:** Воздушная линия без потерь с волновым сопротивлением  $Z_c = 600$  Ом подключена к реактивной нагрузке. Длина линии  $l = \lambda/2$ , частота источника  $f = 100$  МГц. Расстояние до первого узла напряжения  $x_0 = 1,125$  м. Определить реактивное сопротивление нагрузки. Построить распределение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

**Решение:**

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

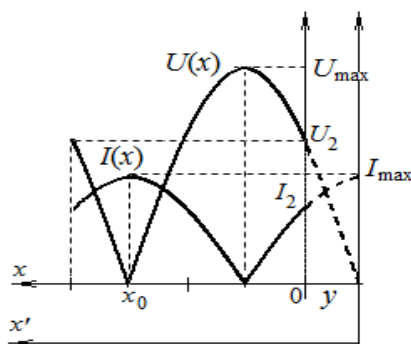
Коэффициент фазы  $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{3} = \frac{360^\circ}{3} = 120^\circ/\text{м}$ .

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

введением координаты:  $x' = x + y$



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

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

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 11.5

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 11.6

Текст задания

Задание специальной части (сложное)

**Дано:** на выходе линии без потерь с волновым сопротивлением  $Z_c = 500 \text{ Ом}$ ,  $v_{\phi} = 250 \cdot 10^3 \text{ км/с}$ , 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.

РАЗРАБОТАЛИ:

Зав. кафедрой ТОЭ

Тульский В.Н.

Доцент кафедры ТОЭ

Козьмина И.С

Доцент кафедры ТОЭ

Жохова М.П.

УТВЕРДИЛ:

Директор ИЭЭ

Тульский В.Н.