

Повторим ЭЛЕКТРОТЕХНИКУ

Доступ к Интернет-тренажеру на сайте www.i-exam.ru.

Ключ доступа **208928tt524**

Выбираете в параметрах тестирования

1. режим «Самоконтроль»
2. Стандарт «ГОС-2»
3. Специальность «260601,65 – Машины и аппараты пищевых производств» – для группы МА-4
Специальность «260602,65 – Пищевая инженерия малых предприятий» – для группы ПИ-4
4. Дисциплина «Электротехника и электроника»

Дидактическая единица 3. Теория электрических и магнитных цепей переменного тока.

1. Способы представления синусоидальных электрических величин
2. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока
3. Резонансные явления в линейных электрических цепях синусоидального тока
4. Расчет электрических цепей при периодических несинусоидальных воздействиях
5. Трехфазные цепи
6. Нелинейные цепи переменного тока

Примеры тестовых заданий

по теме «Теория электрических и магнитных цепей переменного тока»

1. Способы представления синусоидальных электрических величин

Пример 1

Задание № 1

Комплексные действующие значения напряжения и тока нагрузки равны:

$\underline{U} = (60 + j80) \text{ В}$, $\underline{I} = (8 + j6) \text{ А}$. Реактивная составляющая напряжения равна _____ В.

Пояснения к решению

Угол сдвига фаз между напряжением и током

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = \arctg \frac{80}{60} - \arctg \frac{6}{8} = 53,13^\circ - 36,87^\circ = 16,26^\circ.$$

Действующее значение напряжения $U = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100 \text{ В}$.

Реактивная составляющая напряжения $U_p = U \cdot \sin \varphi = 100 \cdot \sin 16,26^\circ = 28 \text{ В}$.

Пример 2

Задание № 1

$$u_1 = 60 \sin \omega t \text{ В}, u_2 = 80 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \text{ В}$$

При _____ мгновенное значение равно _____ В.

Пояснения к решению

Комплексные амплитуды напряжений u_1 и u_2 равны:

$$\underline{U}_{1m} = 60 \text{ В}, \underline{U}_{2m} = 80 e^{-j\frac{\pi}{2}} = 80 \cos \left(-\frac{\pi}{2} \right) - j80 \sin \frac{\pi}{2} = -j80 \text{ В}.$$

Соответствующая мгновенному напряжению $u = u_1 + u_2$ комплексная амплиту-

$$\text{да } \underline{U}_m = \underline{U}_{1m} + \underline{U}_{2m} = 60 - j80 = \sqrt{60^2 + 80^2} e^{-j \arctg \frac{80}{60}} = 100 e^{-j53,13^\circ} \text{ В}.$$

Его мгновенное значение

$$u = 100 \sin \left(\omega t - 53,13^\circ \right) \text{ В}.$$

Пример 3

Задание № 1

При $\underline{U} = 60 + j80 \text{ В}$, $\underline{I} = 4 - j3 \text{ А}$ угол сдвига фаз между напряжением и током $\varphi = \dots$

Пояснения к решению

По заданным комплексным действующим значениям тока \underline{I} и напряжения \underline{U}

$$\psi_i = -\arctg \frac{3}{4} = -36,87^\circ;$$

начальная фаза тока

начальная фаза напряжения

$$\psi_u = \arctg \frac{8}{60} = 53,13^\circ;$$

угол сдвига фаз между напряжением и током

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = 53,13^\circ - (-36,87^\circ) = 90^\circ.$$

Пример 4

Задание № 1

$$u = 28,28 \sin\left(\omega t - \frac{3}{2}\pi\right) \text{ В}$$

Напряжению соответствует вектор \underline{U} на комплексной плоскости ...

Пояснения к решению

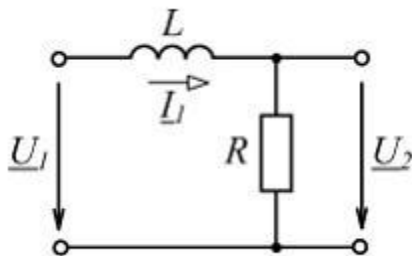
$$u = 28,28 \sin\left(\omega t - \frac{3}{2}\pi\right) \text{ В}$$

Напряжению соответствует вектор \underline{U} на комплексной плоскости длиной $28,28/\sqrt{2} = 20 \text{ В}$, повернутый относительно действительной оси (+1) на угол $\frac{3}{2}\pi$ по часовой стрелке.

2. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока

Пример 1

Задание № 2



На входе изображенной схемы напряжение $U_1 = 127 \text{ В}$, а при $f = 50 \text{ Гц}$ ее сопротивления $X_L = 2 \text{ Ом}$, $R = 10 \text{ Ом}$. При $f = 500 \text{ Гц}$ напряжение на выходе схемы $U_2 = \text{---} \text{ В}$.

Пояснения к решению

При $f = 500 \text{ Гц}$: сопротивление $X_L = 20 \text{ Ом}$, $R = 10 \text{ Ом}$;

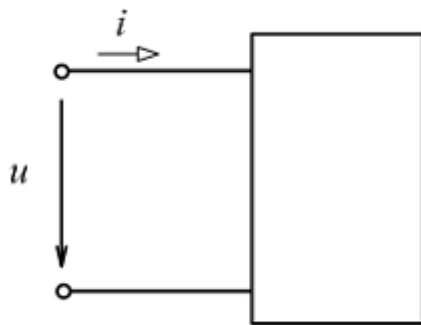
угол сдвига фаз между напряжением \underline{U}_1 и током \underline{I}_1

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{X_L}{R} = \operatorname{arctg} \frac{20}{10} = 63,43^\circ;$$

напряжение $U_2 = U_1 \cdot \cos \varphi = 127 \cdot \cos 63,43^\circ = 56,8 \text{ В}.$

Пример 2

Задание № 2



В изображенной схеме при $u = 250 \sin(628t + 50^\circ) \text{ В},$
 $i = 0,5 \sin(628t + 140^\circ) \text{ А}$ входное сопротивление пассивного двухполюсника
 $\underline{Z} = \underline{\quad} \text{ Ом}.$

Пояснения к решению

Модуль входного комплексного сопротивления

$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{250}{0,5} = 500 \text{ Ом}.$$

Угол сдвига фаз между напряжением и током

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = 50^\circ - 140^\circ = -90^\circ.$$

Входное комплексное сопротивление пассивного приемника

$$\underline{Z} = Z e^{-j90^\circ} = Z(\cos 90^\circ - j \sin 90^\circ) = -j500 \text{ Ом}.$$

Пример 3

Задание № 2

Если на входе электрической цепи $u = 100 \sin(\omega t + 50^\circ) \text{ В},$
 $i = 4 \sin(\omega t - 10^\circ) \text{ А},$ то активная мощность P цепи равна $\underline{\quad} \text{ Вт}.$

Пояснения к решению

Активная мощность цепи

$$P = UI \cos \varphi = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\sqrt{2}} \cos [50^\circ - (-10^\circ)] = 100 \text{ Вт},$$

где U и I – действующее значения тока и напряжения, $\varphi = 50^\circ - (-10^\circ) = 60^\circ$ – угол сдвига фаз между напряжением и током на входе цепи.

Пример 4

Задание № 2

Если на входе электрической цепи $u = 100 \sin(\omega t + 50^\circ) \text{ В}$,

$i = 4 \sin(\omega t - 10^\circ) \text{ А}$, то активная мощность P цепи равна ____ Вт.

Пояснения к решению

Активная мощность цепи

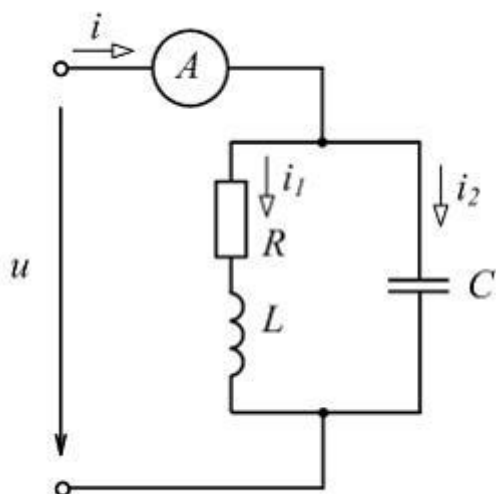
$$P = UI \cos \varphi = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{4}{\sqrt{2}} \cos [50^\circ - (-10^\circ)] = 100 \text{ Вт},$$

где U и I – действующее значения тока и напряжения, $\varphi = 50^\circ - (-10^\circ) = 60^\circ$ – угол сдвига фаз между напряжением и током на входе цепи.

3. Резонансные явления в линейных электрических цепях синусоидального тока

Пример 1

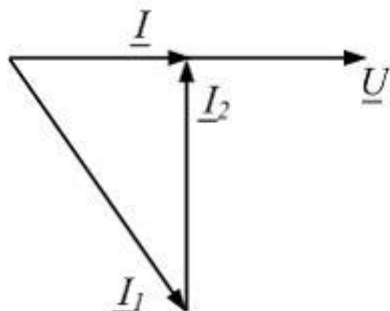
Задание № 3



При изменении емкости конденсатора в цепи возникает резонанс. При этом показание амперметра в неразветвленной части цепи будет ...

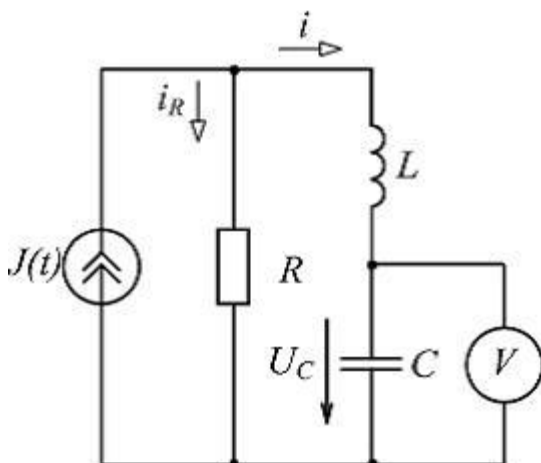
Пояснения к решению

При резонансе токов в приведенной цепи показание амперметра будет минимальным, что следует из векторной диаграммы:



Пример 2

Задание № 3



В изображенной цепи частота тока $J(t) = 10 \sin \omega t \text{ A}$ источник тока может изменяться, $R = 10 \text{ Ом}$, $C = 1 \text{ мкФ}$, измеренное вольтметром в режиме резонанса напряжение $U_C = 10 \text{ В}$. Резонансная частота $\omega_0 = \text{--- рад/с}$.

Пояснения к решению

В изображенной схеме возможен режим резонанса напряжений. При резонансе:

реактивное сопротивление $X = X_L - X_C = 0$; ток $i = J(t) = 10 \sin \omega t \text{ A}$, его

действующее значение $I = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ A}$. Сопротивление

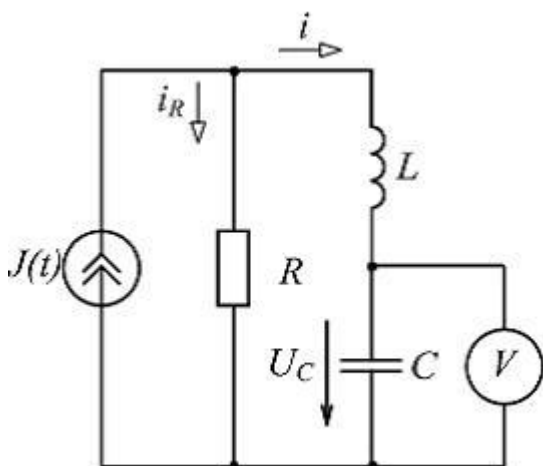
$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{10}{10/\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ Ом.}$$

Резонансная частота

$$\omega_0 = \frac{1}{CX_C} = \frac{1}{10^{-6}\sqrt{2}} = \frac{10^6}{\sqrt{2}} \text{ рад/с.}$$

Пример 3

Задание № 3



В изображенной цепи частота тока $J(t) = 10 \sin \omega t \text{ A}$ источник тока может изменяться, $R = 10 \text{ Ом}$, $C = 1 \text{ мкФ}$, измеренное вольтметром в режиме резонанса напряжение $U_C = 10 \text{ В}$. Резонансная частота $\omega_0 = \text{--- рад/с}$.

Пояснения к решению

В изображенной схеме возможен режим резонанса напряжений. При резонансе: реактивное сопротивление $X = X_L - X_C = 0$; ток $i = J(t) = 10 \sin \omega t \text{ A}$, его

действующее значение $I = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ A}$. Сопротивление

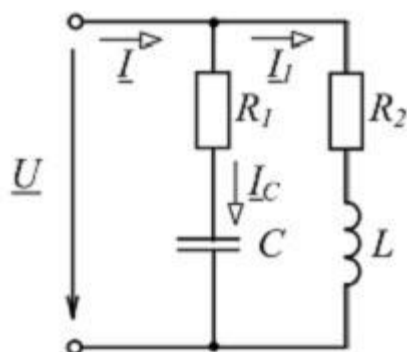
$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{10}{10/\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ Ом.}$$

Резонансная частота

$$\omega_0 = \frac{1}{CX_C} = \frac{1}{10^{-6}\sqrt{2}} = \frac{10^6}{\sqrt{2}} \text{ рад/с.}$$

Пример 4

Задание № 3



В изображенной цепи резонанс токов наступает при любой частоте источника питания, когда ...

Пояснения к решению

Когда $R_1 = R_2 = \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ эквивалентное сопротивление цепи

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} = \frac{\left(\rho - j \frac{1}{\omega C}\right)(\rho + j\omega L)}{2\rho + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{\rho^2 + \frac{L}{C} + j\rho\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{\rho\left[2 + j\left(\frac{\omega L}{\rho} - \frac{1}{\omega C\rho}\right)\right]} =$$

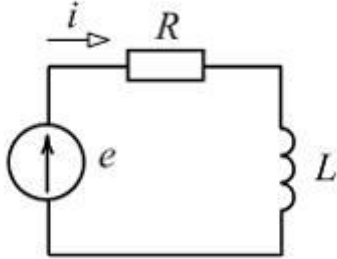
$$= \frac{\rho^2\left[2 + j\left(\frac{\omega L}{\rho} - \frac{1}{\omega C\rho}\right)\right]}{\rho\left[2 + j\left(\frac{\omega L}{\rho} - \frac{1}{\omega C\rho}\right)\right]} = \rho \text{ является активным}$$

При любых частотах ток \underline{I} совпадает по фазе с напряжением \underline{U} . Резонанс токов наступает при любой частоте источника.

4. Расчет электрических цепей при периодических несинусоидальных воздействиях

Пример 1

Задание № 4



В изображенной цепи $R = 100 \text{ Ом}$, $L = 0,1 \text{ Гн}$, $e = 100 \sin \omega t + 100 \sin 2\omega t$,
 $\omega = 1000 \text{ рад/с}$.

Мгновенное значение тока $i = \text{_____ А}$.

Пояснения к решению

1. Для первой гармоники:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + j\omega L = 100 + j1000 \cdot 0,1 = 100 + j100 = 141,4e^{j45^\circ} \text{ Ом};$$

комплексная амплитуда ЭДС $\underline{E}_{1m} = 100e^{j0} = 100 \text{ В}$;

$$\underline{I}_{1m} = \frac{\underline{E}_{1m}}{\underline{Z}_1} = \frac{100}{141,4} e^{-j45^\circ} = 0,707 e^{-j45^\circ} \text{ А.}$$

комплексная амплитуда тока

2. Для второй гармоники:

$$\underline{Z}_2 = R + j2\omega L = 100 + j200 = 224e^{j63,43^\circ} \text{ Ом};$$

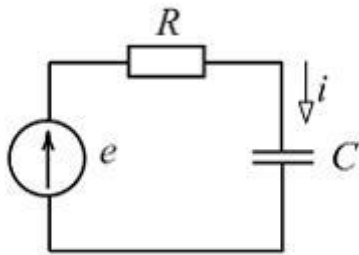
$$\underline{E}_{2m} = 100 \text{ В}; \quad \underline{I}_{2m} = \frac{\underline{E}_{2m}}{\underline{Z}_2} = \frac{100}{224} e^{-j63,43^\circ} = 0,446 e^{-j63,43^\circ} \text{ А.}$$

3. Мгновенное значение тока

$$i = 0,707 \sin(1000t - 45^\circ) + 0,446 \sin(2000t - 63,43^\circ) \text{ А.}$$

Пример 2

Задание № 4



В изображенной цепи $e = 100 \sin \omega t + 100 \sin 2\omega t$ В,
 $i = 0,707 \sin(1000t + 45^\circ) + 0,893 \sin(2\omega t + 26,565^\circ)$ А.

Отдаваемая источником ЭДС активная мощность $P = \text{---}$ Вт.

Пояснения к решению

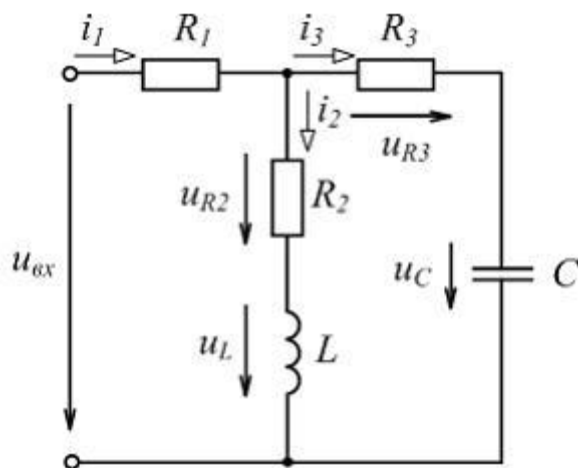
Отдаваемая источником ЭДС активная мощность

$$P = E_1 I_1 \cos \varphi_1 + E_2 I_2 \cos \varphi_2 = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,707}{\sqrt{2}} \cos 45^\circ + \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,893}{\sqrt{2}} \cos 26,565^\circ =$$

$$= 25 + 39,9 = 64,9 \text{ Вт.}$$

Пример 3

Задание № 4



$$u_{\text{вх}} = U_0 + \sum_{k=1,3} U_{mk} \sin k\omega t,$$

Если
 ...

то будут равны нулю постоянные составляющие напряжений ...

Пояснения к решению

Сопротивление емкостного элемента $\frac{1}{\omega C}$ для постоянной составляющей ($\omega = 0$) равно бесконечности, поэтому в токе i_3 и в напряжении u_{R3} постоянные составляющие отсутствуют. Также при $\omega = 0$ равно нулю сопротивление индуктивного элемента ωL , а следовательно, равна нулю и постоянная составляющая напряжения u_L .

Пример 4

Задание № 4

Измеряется напряжение $u = 70 + 100 \sin \omega t + 50 \sin \omega t$ В. Показание электромагнитного вольтметра равно ___ В.

Пояснения к решению

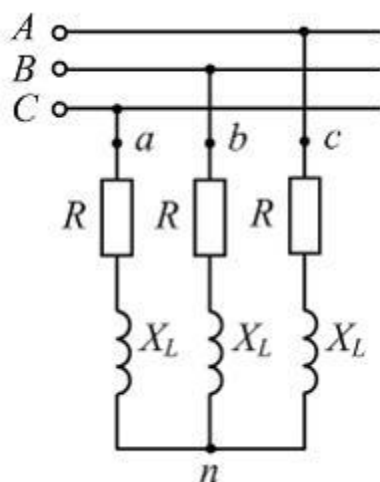
Электромагнитный прибор измерит действующее значение напряжения u

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_3^2} = \sqrt{70^2 + \left(\frac{100}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{50}{\sqrt{2}}\right)^2} = 105,6 \text{ В.}$$

5. Трехфазные цепи

Пример 1

Задание № 5



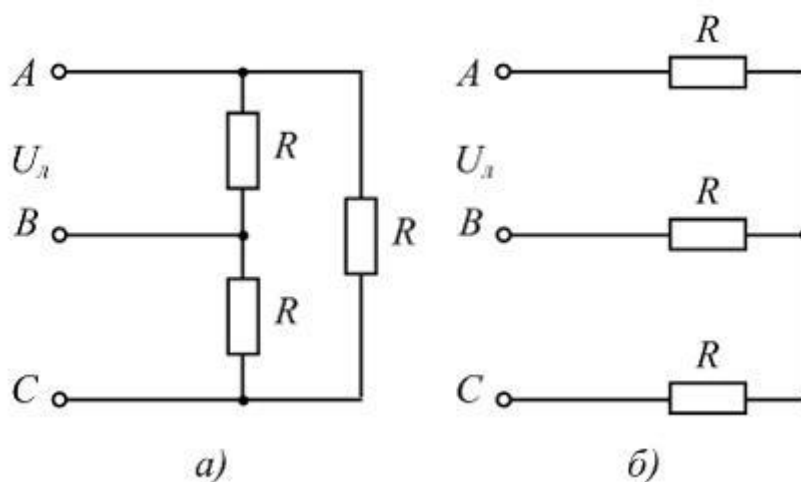
Если линейное напряжение сети $U_L = 220$ В, то при обрыве фазы a фазные напряжения U_b и U_c приемника равны ___ В.

Пояснения к решению

При обрыве фазы a фазы b и c окажутся соединенными последовательно и будут подключены к линейному напряжению U_{BC} . Очевидно, что на каждую из этих фаз приходится половина линейного напряжения, то есть $U_b = U_c = U_{л}/2 = 220/2 = 110 \text{ В}$.

Пример 2

Задание № 5



Симметричный трехфазный приемник может подключаться к трехфазной сети как показано на рисунках a и $б$. Если $U_{л}$ – линейное напряжение сети, а R – сопротивление фазы приемника, то величина $\frac{\sqrt{3}U_{л}}{R}$ – это ...

Пояснения к решению

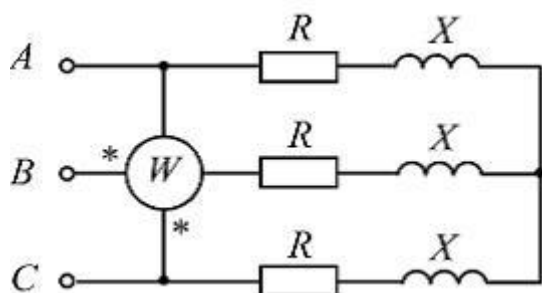
В схеме a приемники соединены треугольником. К фазам приемника подведены

линейные напряжения сети. Фазный ток $I_{\phi} = \frac{U_{л}}{R}$, а линейный ток схемы a

$$I_{л} = \sqrt{3}I_{\phi} = \frac{\sqrt{3}U_{л}}{R}.$$

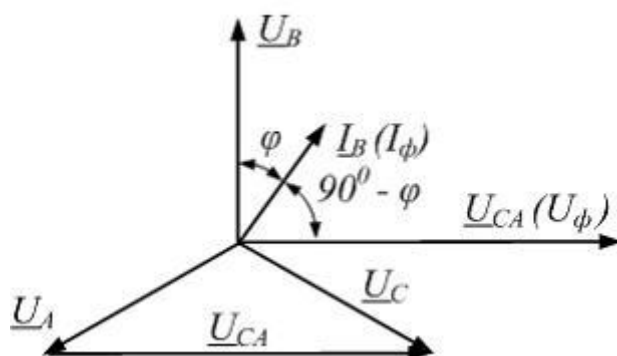
Пример 3

Задание № 5



В изображенной цепи с симметричной нагрузкой фаз ($R = 12 \text{ Ом}$, $X = 9 \text{ Ом}$) и симметричной системой линейных напряжений $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ включенный ваттметр контролирует $1/\sqrt{3}$ часть ее _____ мощности; показание ваттметра равно ...

Пояснения к решению



Показание ваттметра $U_{\text{л}} I_{\phi} \cos(90^{\circ} - \varphi) = U_{\text{л}} I_{\phi} \sin \varphi$. Он контролирует $1/\sqrt{3}$ часть реактивной мощности цепи

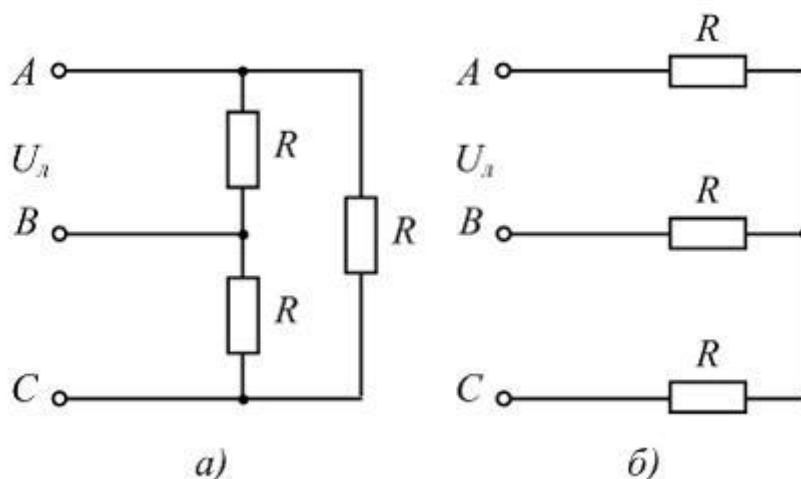
$$Q = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\phi} \sin \varphi = \sqrt{3} U_{\text{л}} \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} z} \cdot \frac{x}{z} = \frac{U_{\text{л}}^2}{R^2 + x^2} \cdot x = \frac{380^2}{12^2 + 9^2} \cdot 9 = 5776 \text{ ВАр.}$$

$$\frac{Q}{\sqrt{3}} = \frac{5776}{\sqrt{3}} = 3335 \text{ ВАр.}$$

Показание ваттметра равно

Пример 4

Задание № 5



Симметричный трехфазный приемник может подключаться к трехфазной сети как показано на рисунках *a* и *б*. Если $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение сети, а R – сопротивление фазы приемника, то величина $\frac{\sqrt{3}U_{\text{л}}}{R}$ – это ...

Пояснения к решению

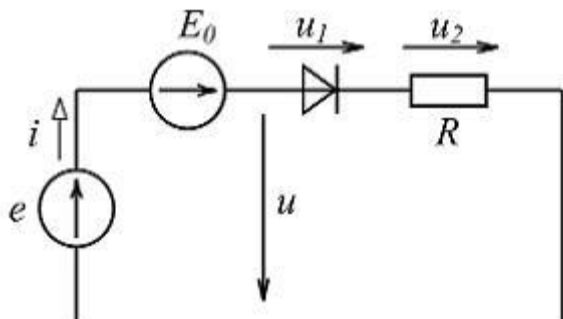
В схеме *a* приемники соединены треугольником. К фазам приемника подведены линейные напряжения сети. Фазный ток $I_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{R}$, а линейный ток схе-

мы *a* $I_{\text{л}} = \sqrt{3}I_{\phi} = \frac{\sqrt{3}U_{\text{л}}}{R}$.

6. Нелинейные цепи переменного тока

Пример 1

Задание № 6



$$e = 127 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ В,}$$

В изображенной схеме с идеальным диодом

$E_0 = 50 \text{ В, } R = 1 \text{ кОм}$. Максимальное значение тока i_{max} равно ___ А.

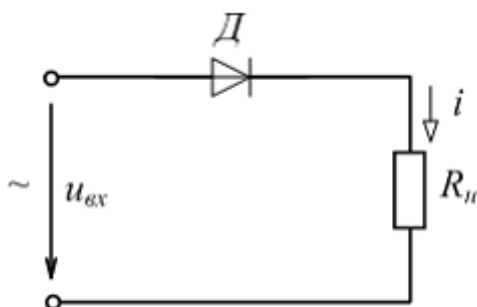
Пояснения к решению

$$i_{\text{max}} = \frac{E_{\text{max}} + U}{R} = \frac{127 + 50}{1000} = 0,177 \text{ А.}$$

Максимальное значение тока

Пример 2

Задание № 6



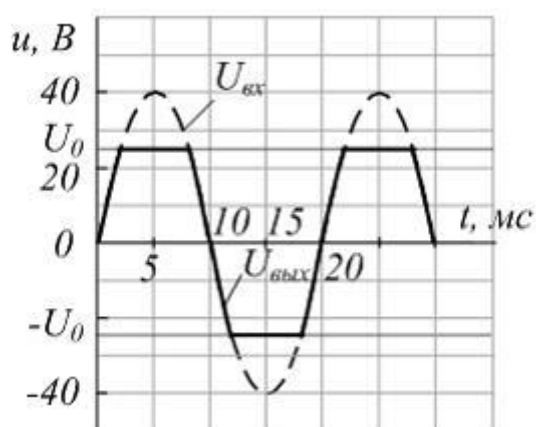
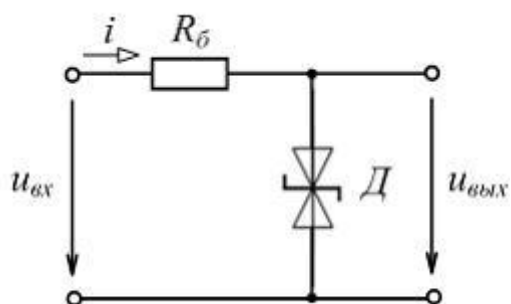
Если в схеме с идеальным диодом $u_{\text{вх}} = 50 \sin \omega t \text{ В, } R_n = 10 \text{ кОм}$, то мгновенное значение тока i при $\omega t = \frac{3\pi}{2}$ равно ...

Пояснения к решению

При $\omega t = \frac{3\pi}{2}$ входное напряжение $u_{вх} = 50 \sin \omega t = -50 \text{ В}$, то есть имеет место отрицательный полупериод входного напряжения, в течение которого диод закрыт, ток $i = 0$.

Пример 3

Задание № 6



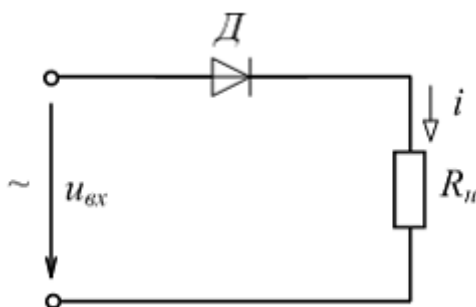
На рисунке приведены схема двустороннего ограничителя напряжения и графики мгновенных значений напряжений. Если $R_б = 0,25 \text{ кОм}$, то при $t = 5 \text{ мс}$ ток i равен ___ А.

Пояснения к решению

При $t = 5 \text{ мс}$ ток $i = \frac{U_{вх\max} - U_0}{R_б} = \frac{40 - 25}{0,25 \cdot 10^3} = 0,06 \text{ А}$.

Пример 4

Задание № 6



Если в схеме с идеальным диодом $u_{вх} = 50 \sin \omega t$ В, $R_H = 10$ кОм, то мгновенное значение тока i при $\omega t = \frac{3\pi}{2}$ равно ...

Пояснения к решению

При $\omega t = \frac{3\pi}{2}$ входное напряжение $u_{вх} = 50 \sin \omega t = -50$ В, то есть имеет место отрицательный полупериод входного напряжения, в течение которого диод закрыт, ток $i = 0$.

Дидактическая единица 4. Переходные процессы в линейных электрических цепях и методы их расчета.

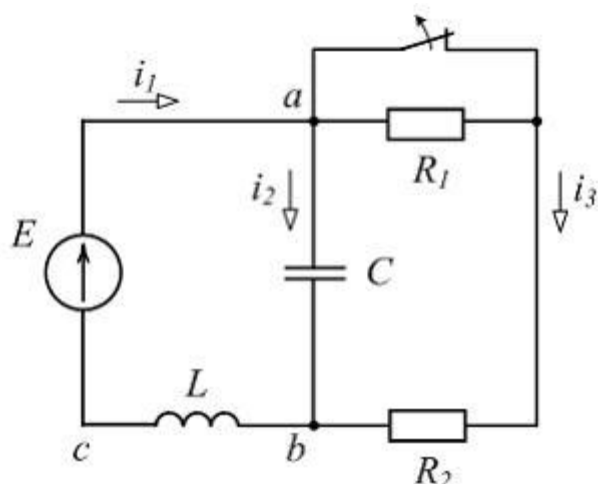
1. Основные понятия и законы
2. Расчет переходных процессов в R-L цепях первого порядка
3. Расчет переходных процессов в R-C цепях первого порядка
4. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка

Примеры тестовых заданий по теме «Переходные процессы в линейных электрических цепях и методы их расчета»

1. Основные понятия и законы

Пример 1

Задание № 7



В момент коммутации остаются неизменными ...

Пояснения к решению

По законам коммутации в момент коммутации ($t = 0 +$) остаются неизменными напряжение u_{ab} на конденсаторе и ток i_1 в катушке индуктивности.

Пример 2

Задание № 7

В соответствии со вторым законом коммутации, не может измениться мгновенно (скачком) ...

Пояснения к решению

Согласно второму закону коммутации, не может измениться скачком напряжение на емкостном элементе, то есть $u_c(0+) = u_c(0-)$.

Пример 3

Задание № 7

В цепях с одним реактивным (L или C) элементом переходный процесс считают практически закончившимся за время, равное ...

Пояснения к решению

За время, равное 5τ , свободные составляющие токов и напряжений в цепях с одним (L или C) элементом уменьшаются до уровня менее 0,01 от начальных значений. Переходный процесс считают практически закончившимся.

Пример 4

Задание № 7

В соответствии с первым законом коммутации, не может измениться мгновенно (скачком) ...

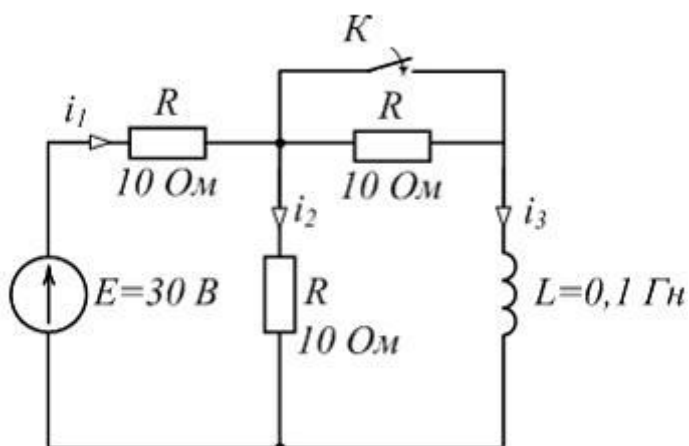
Пояснения к решению

Согласно первому закону коммутации, не может измениться скачком ток в индуктивном элементе, то есть $i_L(0+) = i_L(0-)$.

2. Расчет переходных процессов в R - L цепях первого порядка

Пример 1

Задание № 8



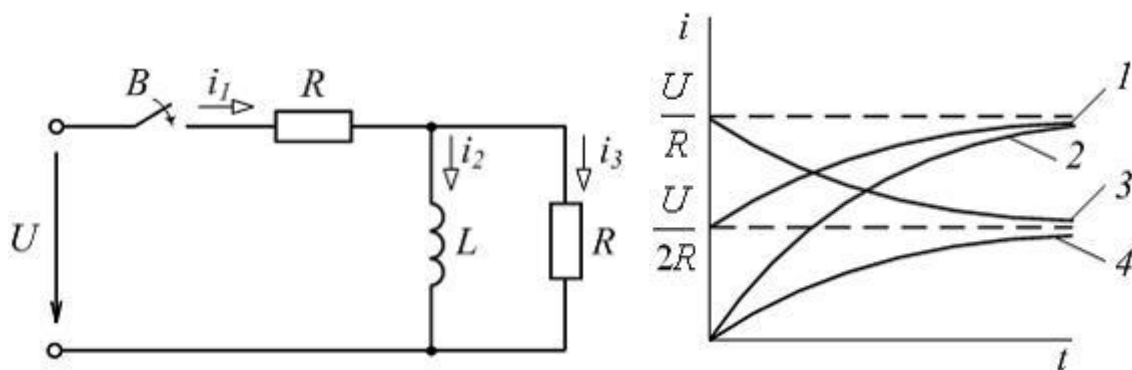
В изображенной схеме значение тока $i_3(0+)$ в начальный момент времени после коммутации равно ___ А.

Пояснения к решению

По первому закону коммутации в начальный момент времени $t = 0 +$ после коммутации ток $i_3(0+)$ в индуктивности L сохранит такое же значение, какое было до коммутации, то есть

Пример 2

Задание № 8



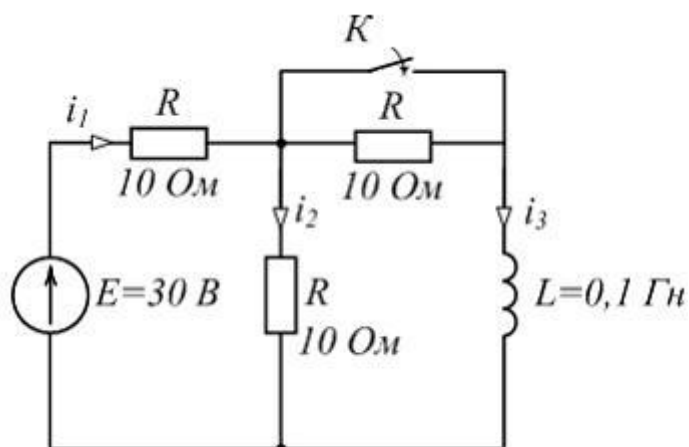
В изображенной цепи графиком зависимости от времени переходного тока $i_2(t)$ является кривая под номером ...

Пояснения к решению

В соответствии с первым законом коммутации, ток в ветви с индуктивным элементом $i_2(0+) = i_2(0-) = 0$. Установившееся значение тока $i_{2y} = U/R$. Графиком переходного тока $i_2(t)$ является кривая под номером 2.

Пример 3

Задание № 8



В изображенной схеме значение тока $i_3(0+)$ в начальный момент времени после коммутации равно ___ А.

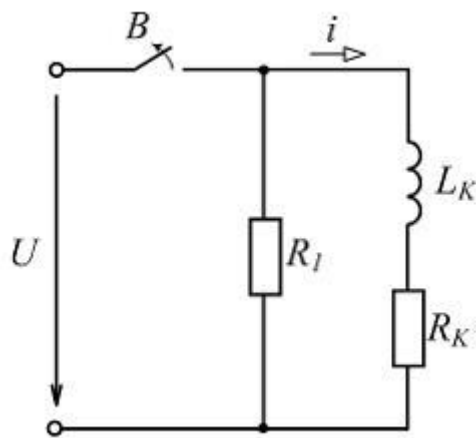
Пояснения к решению

По первому закону коммутации в начальный момент времени $t = 0 +$ после коммутации ток $i_3(0 +)$ в индуктивности L сохранит такое же значение, какое было до коммутации, то есть

$$i_3(0 +) = i_3(0 -) = \frac{E}{\left(R + \frac{R}{2}\right) \cdot 2} = \frac{30}{\left(10 + \frac{10}{2}\right) \cdot 2} = 1 \text{ A.}$$

Пример 4

Задание № 8



Характеристическое уравнение цепи имеет вид ...

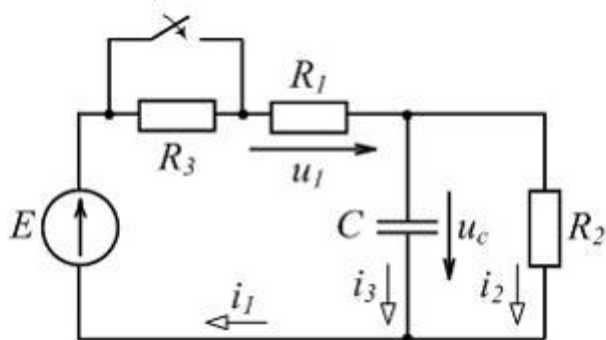
Пояснения к решению

Для схемы после коммутации характеристическое уравнение имеет вид $pL_K + R_K + R_1 = 0$.

3. Расчет переходных процессов в R-C цепях первого порядка

Пример 1

Задание № 9



В изображенной схеме с параметрами $E = 120 \text{ В}$, $R_1 = R_2 = 250 \text{ Ом}$, $R_3 = 500 \text{ Ом}$, Начальное значение тока i_2 равно ___ А.

Пояснения к решению

Начальное значение напряжения на конденсаторе

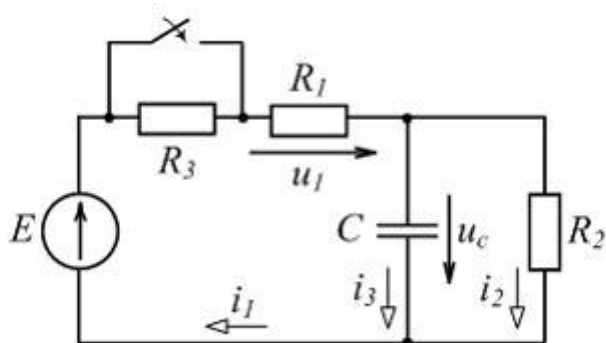
$$u_c(0) = u_c(0-) = \frac{ER_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{120 \cdot 250}{1000} = 30 \text{ В.}$$

$$i_2(0) = u_c(0) / R_2 = \frac{30}{250} = 0,12 \text{ А.}$$

Начальное значение тока

Пример 2

Задание № 9



В изображенной схеме с параметрами $E = 120 \text{ В}$, $R_1 = R_2 = 250 \text{ Ом}$, $R_3 = 500 \text{ Ом}$, Начальное значение тока i_2 равно ___ А.

Пояснения к решению

Начальное значение напряжения на конденсаторе

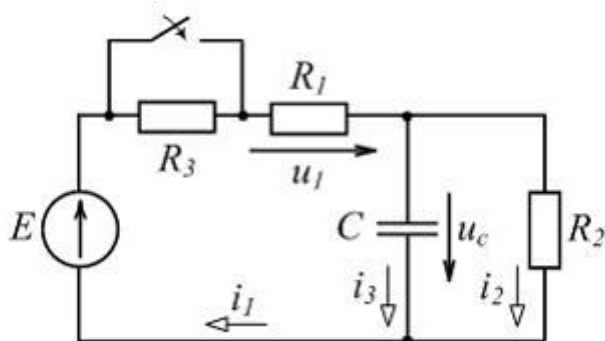
$$u_c(0) = u_c(0-) = \frac{ER_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{120 \cdot 250}{1000} = 30 \text{ В.}$$

$$i_2(0) = u_c(0) / R_2 = \frac{30}{250} = 0,12 \text{ А.}$$

Начальное значение тока

Пример 3

Задание № 9



В изображенной схеме с параметрами $E = 120 \text{ В}$, $R_1 = R_2 = 250 \text{ Ом}$, $R_3 = 500 \text{ Ом}$, $C = 10 \text{ мкФ}$ происходит замыкание ключа. Характеристическое уравнение имеет корень $p = -800 \text{ с}^{-1}$. Напряжение на конденсаторе $u_c = \underline{\quad} \text{ В}$.

Пояснения к решению

Начальное значение напряжения

$$u_c(0) = \frac{ER_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{120 \cdot 250}{1000} = 30 \text{ В.}$$

Напряжение на конденсаторе

$$u_{cу} = \frac{ER_2}{R_1 + R_2} = \frac{E}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ В.}$$

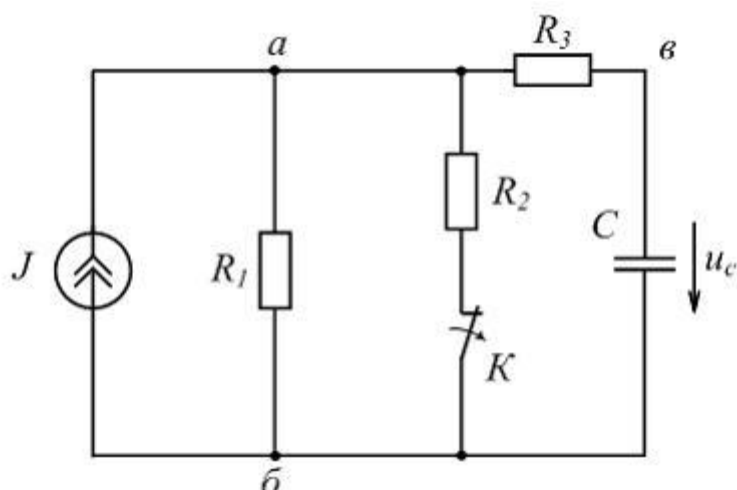
Напряжение на конденсаторе $u_c = u_{cу} + u_{cес} = u_{cу} + Ae^{-800t} \text{ В}$.

Так как при $t = 0$ $u_{cу}(0) = u_{cу} + A$, то $A = u_c(0) - u_{cу} = 30 - 60 = -30 \text{ В}$.

Напряжение на конденсаторе $u_c = 60 - 30e^{-800t} \text{ В}$.

Пример 4

Задание № 9



Если в изображенной схеме после размыкания ключа K $u_{Cnp} = 100 \text{ В}$, $u_C(0+) = 50 \text{ В}$, постоянная времени цепи $\tau = 2 \text{ мс}$, то напряжение на конденсаторе u_C равно _____ В.

Пояснения к решению

После размыкания ключа K напряжение на конденсаторе

$$u_C = u_{Cnp} + u_{Cсв} = u_{Cnp} + Ae^{-\frac{t}{\tau}} = 100 + Ae^{-\frac{t}{2 \cdot 10^{-3}}} = 100 + Ae^{-500t} \text{ В, или}$$

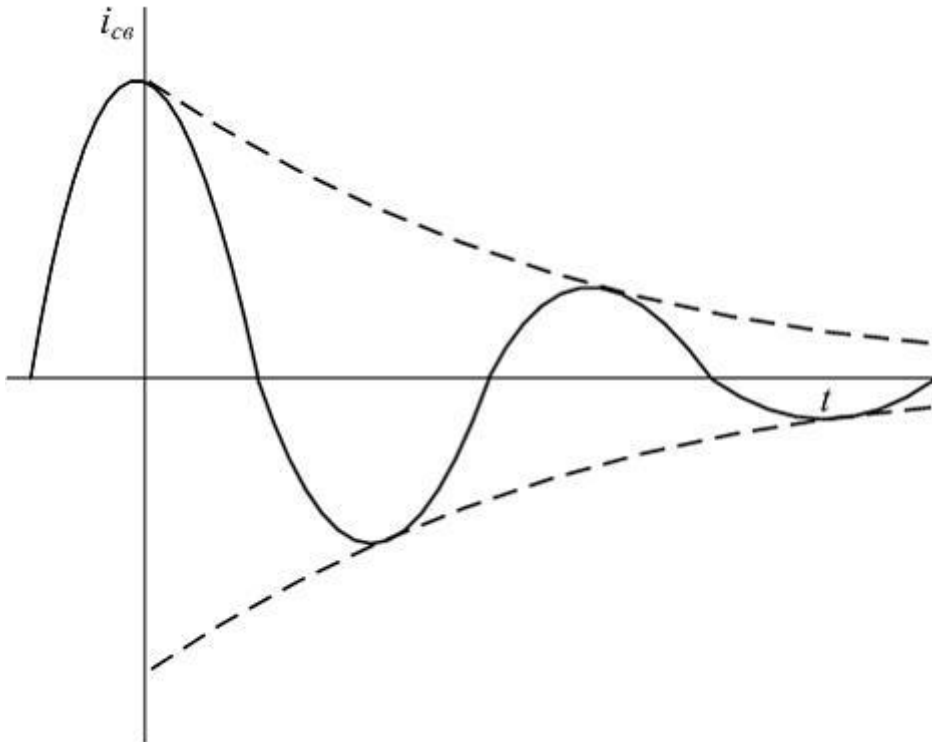
$$Ae^{-500t} = u_C - u_{Cnp}. \text{ В начальный момент времени после размыкания ключа } K$$

$$A = u_C(0+) - u_{Cnp} = 50 - 100 = -50 \text{ В, а напряжение } u_C = 100 - 50e^{-500t} \text{ В.}$$

4. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка

Пример 1

Задание № 10



Изображенный график изменения свободного тока соответствует корням характеристического уравнения ...

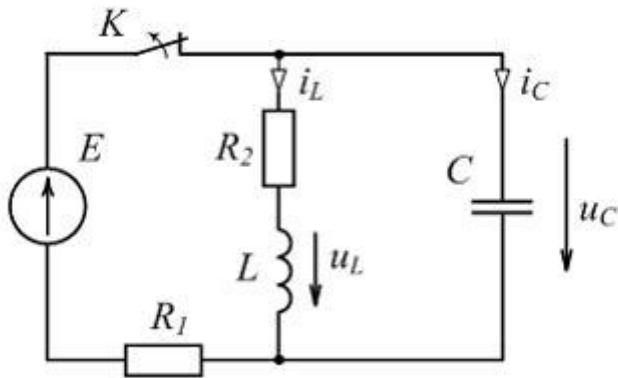
Пояснения к решению

Изображенный свободный ток представляет собой затухающее синусоидальное колебание $i_{св} = I_m e^{-\delta t} \sin(\omega_0 t + \nu)$, соответствующее корням характеристического уравнения $p_{1,2} = -\delta \pm j\omega_0$.

Колебательный характер переходного процесса в цепи связан с периодическим обменом энергией между емкостью и индуктивностью, а затухание колебаний объясняется потерей энергии в сопротивлениях.

Пример 2

Задание № 10



При $R_1 = R_2 = 40 \text{ Ом}$, $L = 1 \text{ Гн}$, $C = 3330 \text{ мкФ}$ характеристическое уравнение цепи, схема которой изображена на рисунке, имеет корни $p_1 = \text{---} \text{ с}^{-1}$, $p_2 = \text{---} \text{ с}^{-1}$.

Пояснения к решению

$$z(p) = R_2 + Lp + \frac{1}{Cp} = 0;$$

Характеристическое уравнение цепи

$$LCp^2 + R_2Cp + 1 = 0;$$

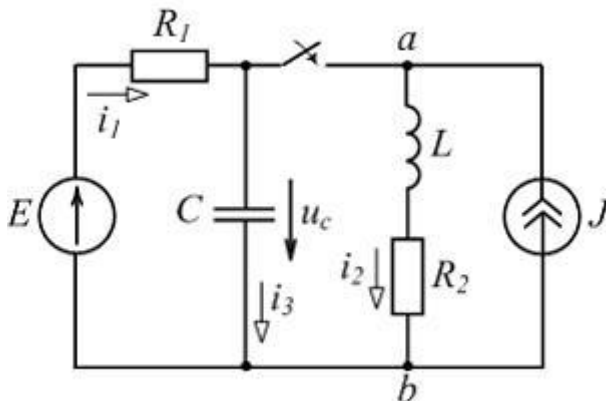
$$LC\left(p^2 + \frac{R_2}{L}p + \frac{1}{LC}\right) = LC(p^2 + 40p + 300) = 0$$

имеет корни

$$p_1 = -20 + \sqrt{400 - 300} = -10 \text{ с}^{-1} \quad \text{и} \quad p_2 = -20 - \sqrt{400 - 300} = -30 \text{ с}^{-1}.$$

Пример 3

Задание № 10



В изображенной схеме с параметрами $E = 200 \text{ В}$, $J = 1 \text{ А}$, $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$, $L = 0,5 \text{ Гн}$, $C = 400 \text{ мкФ}$ происходит замыкание ключа. При заданных пара-

метрах схемы $u_c(0) = E = 200 \text{ В}$, $i_2(0) = j = 1 \text{ А}$; корни характеристического уравнения $p_1 = -61 \text{ с}^{-1}$, $p_2 = -164 \text{ с}^{-1}$, $i_{2y} = 1,5 \text{ А}$.
 В переходном режиме ток $i_2 = \text{---} \text{ А}$.

Пояснения к решению

Ток $i_2 = i_{2y} + i_{2ос} = 1,5 + A_1 e^{-61t} + A_2 e^{-164t}$.

Напряжение на индуктивном элементе и производная di_2/dt равны
 $L di_2/dt = u_c - R_2 i_2$; $di_2/dt = (u_c - R_2 i_2)/L$,
 $di_2/dt = -61 A_1 e^{-61t} - 164 A_2 e^{-164t}$.

При $t = 0$: $i_2(0) = 1,5 + A_1 + A_2 = 1$, $A_1 + A_2 = -0,5$ (1);

$di_2/dt|_{t=0} = -61 A_1 - 164 A_2 = [u_c(0) - R_2 i_2(0)]/L$.

Следовательно, при $t = 0$

$-61 A_1 - 164 A_2 = (200 - 100)0,5$ или $-61 A_1 - 164 A_2 = 200$ (2).

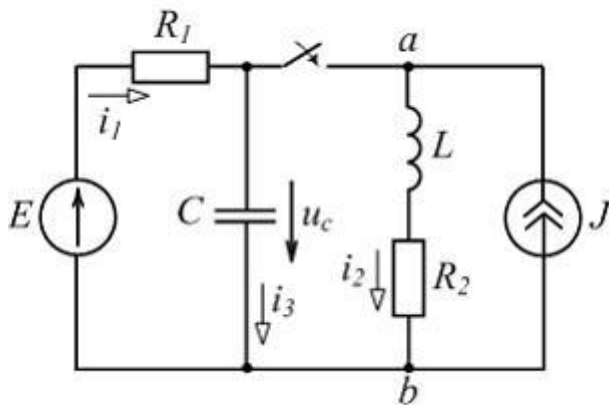
Решив уравнение (1) и (2) совместно, получим

$A_1 = 1,146 \text{ А}$, $A_2 = -1,646 \text{ А}$.

Ток $i_2 = 1,5 + 1,146 e^{-61t} - 1,646 e^{-164t} \text{ А}$.

Пример 4

Задание № 10



В изображенной схеме с параметрами $E = 200 \text{ В}$, $J = 1 \text{ А}$, $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$, $L = 0,5 \text{ Гн}$, $C = 400 \text{ мкФ}$ происходит замыкание ключа. При заданных параметрах схемы $u_c(0) = E = 200 \text{ В}$, $i_2(0) = j = 1 \text{ А}$; корни характеристического уравнения $p_1 = -61 \text{ с}^{-1}$, $p_2 = -164 \text{ с}^{-1}$, $i_{2y} = 1,5 \text{ А}$.

В переходном режиме ток $i_2 = \text{---} \text{ А}$.

Пояснения к решению

$$\text{Ток } i_2 = i_{2y} + i_{2ос} = 1,5 + A_1 e^{-61t} + A_2 e^{-164t}.$$

Напряжение на индуктивном элементе и производная di_2 / dt равны
 $L di_2 / dt = u_c - R_2 i_2$; $di_2 / dt = (u_c - R_2 i_2) / L$,

$$di_2 / dt = -61A_1 e^{-61t} - 164A_2 e^{-164t}.$$

При $t = 0$: $i_2(0) = 1,5 + A_1 + A_2 = 1$, $A_1 + A_2 = -0,5$ (1);

$$di_2 / dt|_{t=0} = -61A_1 - 164A_2 = [u_c(0) - R_2 i_2(0)] / L.$$

Следовательно, при $t = 0$

$$-61A_1 - 164A_2 = (200 - 100)0,5 \quad \text{или} \quad -61A_1 - 164A_2 = 200 \quad (2).$$

Решив уравнение (1) и (2) совместно, получим

$$A_1 = 1,146 \text{ А}, \quad A_2 = -1,646 \text{ А}.$$

$$\text{Ток } i_2 = 1,5 + 1,146 e^{-61t} - 1,646 e^{-164t} \text{ А}.$$
