

Министерство образования и науки Российской Федерации
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА имени И.М. ГУБКИНА

Филиал РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина в городе Ташкент

Е. В. ИВАНОВА
И. А. МЕЛИК-ШАХНАЗАРОВА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ЗАДАНИЙ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

Москва 2014

**Министерство образования и науки Российской Федерации
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕФТИ И ГАЗА имени И.М. ГУБКИНА**

Филиал РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина в городе Ташкент

**Е.В. ИВАНОВА
И.А. МЕЛИК-ШАХНАЗАРОВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ЗАДАНИЙ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

Москва 2014

Рецензенты:

доцент отделения математики и информатики филиала РГУ нефти и газа
имени И.М. Губкина *Ш.М. Равилов*
старший помощник начальника отдела адъюнктуры Академии ВС РУ,
к.т.н. доцент *А.Я. Негриенко*

Е.В. Иванова, И.А. Мелик-Шахназарова

Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по электротехнике. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. – 26 с.

Печатается по решению учебно-методической комиссии филиала Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина в г. Ташкент, протокол № 3 от 15 февраля 2012 года.

Предисловие

Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по электротехнике составлены в соответствии с программой курса для студентов, обучающихся по направлениям «Бурение нефтяных и газовых месторождений», «Разработка нефтяных и газовых месторождений», «Геофизический поиск и разведка полезных ископаемых», «Геофизические методы исследования скважин».

Индивидуальная работа состоит из трех заданий (задач), решаемых самостоятельно студентами в течение семестра в соответствии с программой и графиком выполнения. Первое задание выполняется и защищается до конца 5-й недели, второе – до конца 10-й недели, третье – до конца 15-й недели.

Задания должны выполняться в срок, в противном случае баллы за их выполнение будут снижены.

Задание целесообразно выполнять в виде отдельных сшивок и заполненных текстом с одной стороны листов стандартного формата А4. Сшивка снабжается титульным листом. После выполнения всех заданий и их защиты индивидуальная работа сдается на хранение.

Задание № 1

РАСЧЁТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

1.1. В соответствии с номером варианта (N – порядковый номер, под которым записана фамилия студента в групповом журнале), выбрать схему (перечень схем 1.1) и рассчитать параметры её элементов:

$$E_1 = M+2, \text{ В}; E_2 = M+5, \text{ В}; I = 1 + \frac{M}{10}, \text{ А}; R = 5 \text{ Ом}; R_1 = M+5, \text{ Ом};$$

$$R_3 = R_4 = M+4, \text{ Ом},$$

где значение M задается преподавателем.

1.1.1. Составить системы уравнений в алгебраической форме для расчета электрических цепей по законам Кирхгофа, методом контурных токов (МКТ) и методом узловых напряжений (МУН). Привести в алгебраической форме выражения токов всех ветвей через контурные токи и узловые напряжения.

1.1.2. Рассчитать токи во всех ветвях и падения напряжения на всех элементах цепи самым оптимальным из рассмотренных методов.

1.1.3. Проверить правильность расчёта, используя уравнение баланса мощностей.

Дополнительное задание

Определить напряжение между точками a и b , указанными на схеме, и эквивалентное сопротивление цепи относительно этих точек.

Указание. При определении эквивалентного сопротивления исключите из схемы источники ЭДС ($R_{\text{вн}} = 0$) и источник тока ($R_{\text{вн}} = \infty$).

Пример выполнения задания № 1

Расчетная схема показана на рис. 1.1.

Исходные данные:

$$E_1 = 1 \text{ В}; E_2 = 6 \text{ В}; E_3 = 10 \text{ В}; J = 1,4 \text{ А};$$

$$R_1 = 8 \text{ Ом}; R_2 = 12 \text{ Ом}; R_3 = 10 \text{ Ом}; R_4 = 5 \text{ Ом}; R = 3 \text{ Ом}.$$

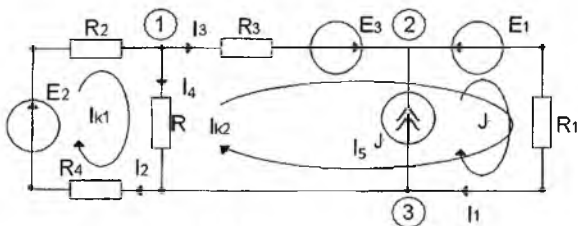


Рис 1.1. Расчетная схема

1.2. Составление уравнений для расчета схемы.

1.2.1. Уравнения по законам Кирхгофа.

В данной схеме три узла ($N_y = 3$), пять ветвей ($N_B = 5$), $N_{истт}$ – количество источников тока. Число уравнений, составляемых по законам Кирхгофа, определим по формулам

$$N_{ИЗН} = N_y - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$N_{ИЗН} = N_B - N_y + 1 - N_{истт} = 5 - 3 + 1 - 1 = 2.$$

Уравнения по законам Кирхгофа имеют вид

$$\left\{ \begin{array}{ll} I_2 - I_3 - I_4 = 0; & \text{для узла 1} \\ - I_1 + I_3 + J = 0; & \text{для узла 2} \\ (R_2 + R_4)I_2 + RI_4 = E_2; & \text{для контура I} \\ R_1 I_1 + R_3 I_3 - RI_4 = -E_1 + E_3 & \text{для контура II.} \end{array} \right. \quad (1.1)$$

1.2.2. Уравнения по методу контурных токов.

Количество уравнений, составляемых по МКТ,

$$\begin{cases} N_{\text{МКТ}} = N_{\text{в}} - N_{\text{у}} + 1 - N_{\text{исст}} = 5 - 3 + 1 - 1 = 2 \\ (R + R_2 + R_4)I_{K1} - RI_{K2} = E_2; & \text{для контура I} \\ -RI_{K1} + (R_1 + R_3 + R)I_{K2} + JR_1 = -E_1 + E_3. & \text{для контура II} \end{cases} \quad (1.2)$$

Токи ветвей:

$$I_1 = I_{K2} + J, \quad I_2 = I_{K1}, \quad I_3 = I_{K2}, \quad I_4 = I_{K1} - I_{K2}, \quad I_5 = J. \quad (1.3)$$

1.2.3. Уравнения по методу узловых напряжений.

Количество уравнений, составляемых по МУН, равно

$$N_{\text{МУН}} = N_{\text{у}} - 1 = 3 - 1 = 2.$$

Примем узловое напряжение третьего узла равным нулю, т.е. $U_3 = 0$, тогда уравнения для первого и второго узлов запишутся следующим образом

$$\begin{cases} \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{1}{R_3} \right] U_1 - \frac{1}{R_3} U_2 = \frac{E_2}{R_2 + R_4} - \frac{E_3}{R_3} & \text{для узла 1} \\ \frac{1}{R_3} U_1 + \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right] U_2 = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_3} + J & \text{для узла 2.} \end{cases}$$

Запишем выражения для токов ветвей. Узловые напряжения равны U_1, U_2 по закону Ома имеем:

$$I_1 = \frac{U_2 - U_3 - E_1}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U_3 - U_1 + E_2}{R_2 + R_4};$$

$$I_3 = \frac{U_1 - U_2 + E_3}{R_3}; \quad I_4 = \frac{U_1 - U_3}{R}.$$

1.2.4. Таким образом, для расчета задачи по МКТ и МУН необходимо решить одинаковое количество уравнений – два, т.е. по объёму

расчетов они примерно равнозначны, а по законам Кирхгофа – четыре. Выберем для дальнейшего решения задачи МКТ.

После подстановки в систему уравнений (1.2) числовых значений параметров элементов получим систему уравнений:

$$\begin{cases} (3+12+5)I_{K1} - 3I_{K2} = 6 \\ -3I_{K1} + (8 + 10 + 3)I_{K2} = -1,4 \cdot 8 - 1 + 10. \end{cases} \quad (1.4)$$

$$20I_{K1} - 3 I_{K2} = 6;$$

$$-3I_{K1} + 21I_{K2} = -2,2.$$

Решим систему уравнений (1.4) с помощью определителей:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 20 & -3 \\ -3 & 21 \end{vmatrix} = 20 \cdot 21 - 3 \cdot 3 = 441;$$

$$I_{K2} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 6 & -3 \\ -2,2 & 21 \end{vmatrix} = \frac{6 \cdot 21 - 3 \cdot 2,2}{441} = \frac{119,4}{441} = 0,291 \text{ A};$$

$$I_{K1} = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} 20 & 6 \\ -3 & -2,2 \end{vmatrix} = \frac{-2,2 \cdot 20 + 3 \cdot 6}{441} = \frac{-26}{441} = -0,063 \text{ A}.$$

Систему уравнений (1.4) удобно решать с помощью компьютерной программы Mathcad 2001. Токи в ветвях цепи определяем через контурные токи (рис.1.1):

$$I_1 = I_{K2} + J = -0,063 + 1,4 = 1,337 \text{ A};$$

$$I_2 = I_{K1} = 0,29 \text{ A};$$

$$I_3 = I_{K2} = -0,063 \text{ A};$$

$$I_4 = I_{K1} - I_{K2} = 0,291 + 0,063 = 0,354 \text{ A};$$

$$I_5 = J = 1,4 \text{ A}.$$

1.3. Расчет баланса мощностей.

Мощность, отдаваемая источниками энергии, равна

$$P_{\text{ист}} = P_{E1} + P_{E2} + P_{E3} + P_J = -E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + J \cdot U_{23},$$

где $U_{23} = I_1 R_1 + E_1$,

$$P_{\text{ист}} = -1 \cdot 1,337 + 6 \cdot 0,29 - 10 \cdot 0,063 + 1,4 \cdot (1,337 \cdot 8 + 1) = 16,4 \text{ Вт.}$$

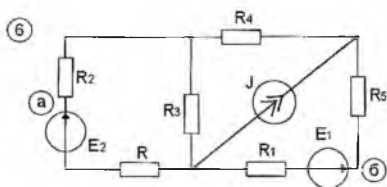
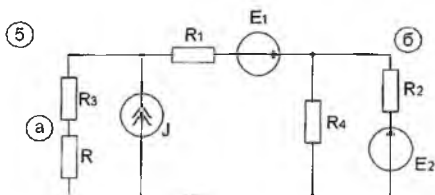
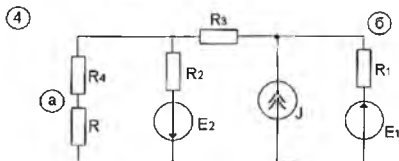
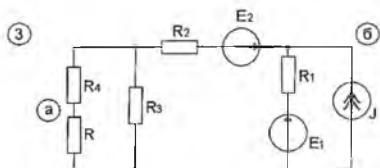
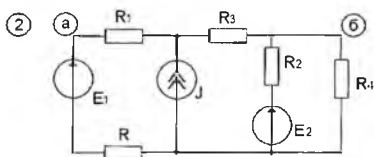
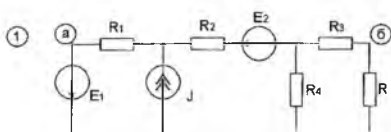
Мощность, потребляемая резисторами, равна

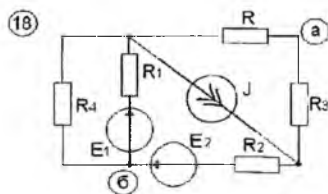
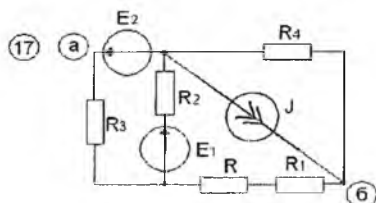
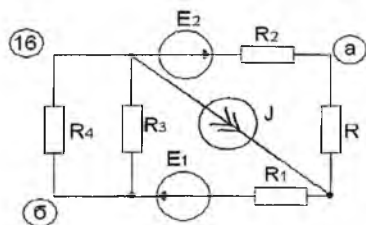
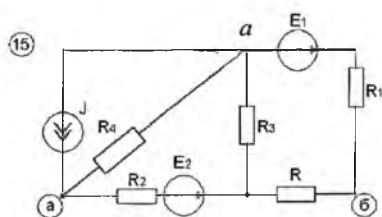
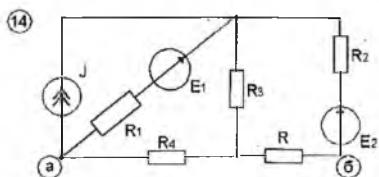
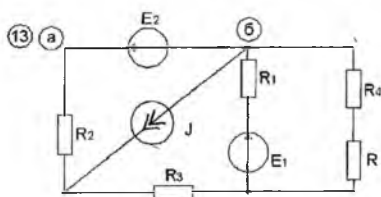
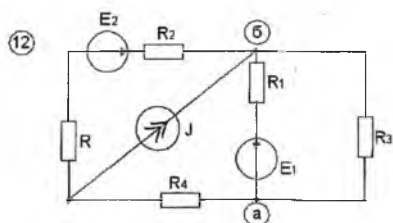
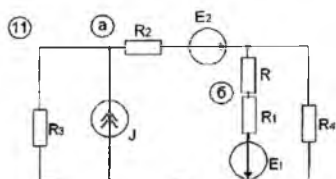
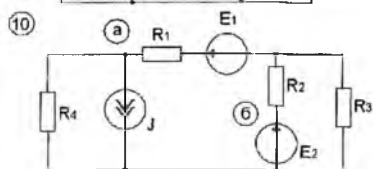
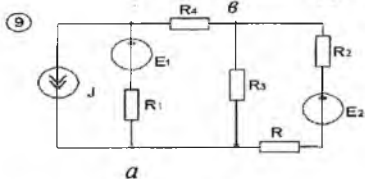
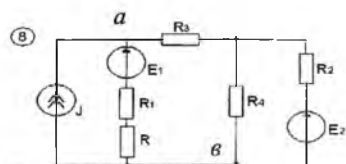
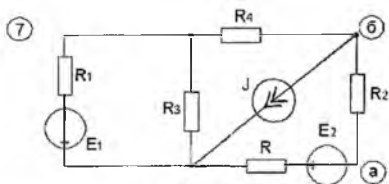
$$P_{\text{ист}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 (R_2 + R_4) + I_3^2 R_3 + = \\ 1,337^2 \cdot 8 + 0,29^2 \cdot (12 + 5) + 0,063^2 \cdot 10 + 0,353^2 \cdot 3 = 16,4 \text{ Вт.}$$

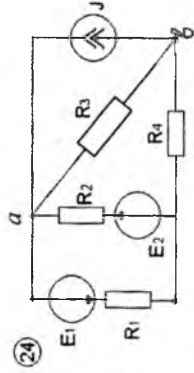
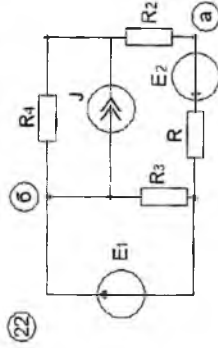
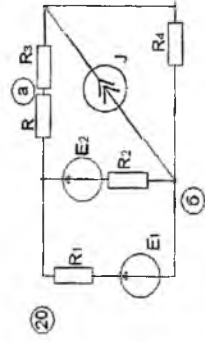
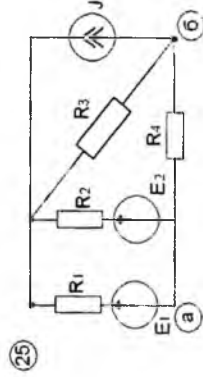
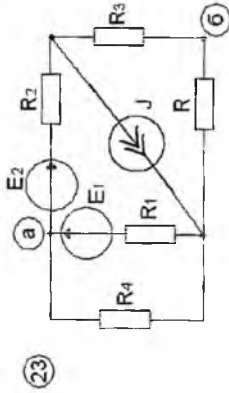
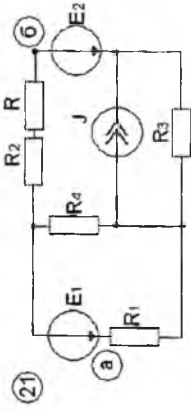
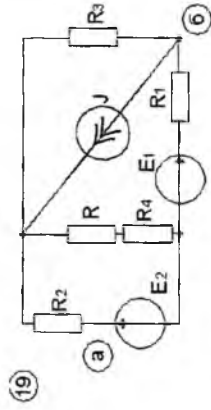
Баланс мощностей выполняется, т.е. $P_{\text{ист}} = P_{\text{пот}}; 16,4 = 16,4$.

Примечание. Баланс мощностей считается выполненным, если расхождение между мощностью отдаваемой источниками и мощностью потребляемой приемниками (сопротивлениями) не превышает 5 %.

Перечень схем 1.1







Задание № 2

РАСЧЁТ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА СИМВОЛИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

2.1. В соответствии с номером варианта (N – порядковый номер, под которым записана фамилия студента в групповом журнале), выбрать схему (перечень схем 2.1) и рассчитать значения её элементов

$$R = M + N, \text{ Ом}; \quad R_1 = M, \text{ Ом}; \quad R_2 = N, \text{ Ом}; \quad \omega L = N + 10, \text{ Ом};$$

$$\frac{1}{\omega C} = N + 20, \text{ Ом};$$

$$e(t) = 10\sqrt{2} M \sin(\omega t + 90^\circ), \text{ В};$$

$$i(t) = \sqrt{2} M \sin(\omega t + 90^\circ), \text{ мА},$$

где значение M задается преподавателем.

2.1.1. Составить уравнения по законам Кирхгофа, МКТ и МУН в комплексной форме.

2.1.2. Рассчитать комплексные токи ветвей любым из выбранных методов расчета.

2.1.3. Выполнить проверку правильности расчета с помощью уравнения баланса комплексных мощностей.

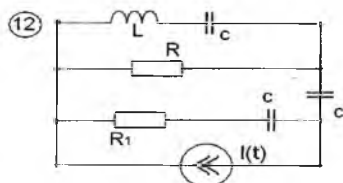
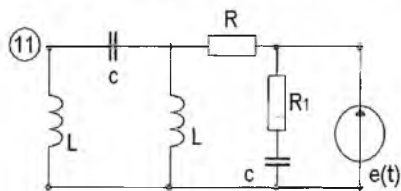
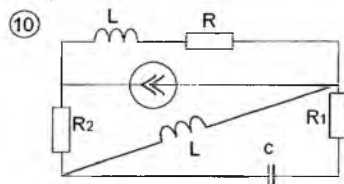
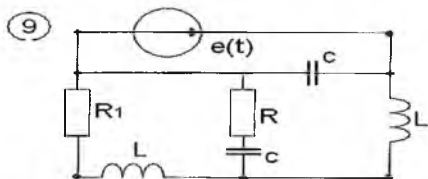
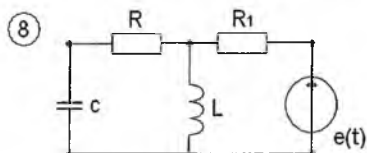
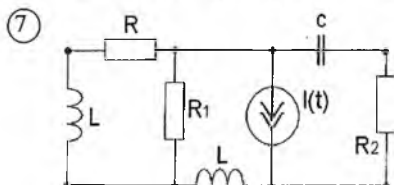
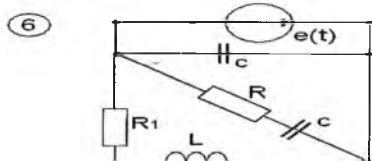
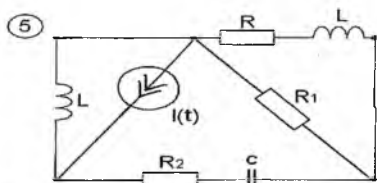
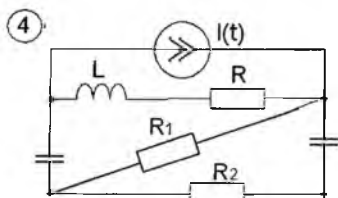
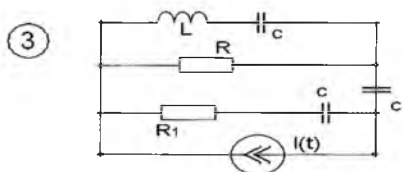
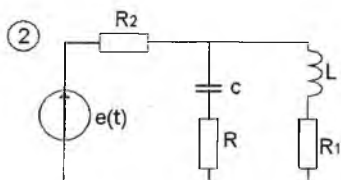
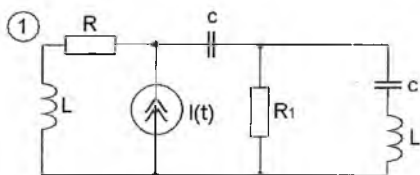
2.1.4. Записать мгновенные значения токов ветвей.

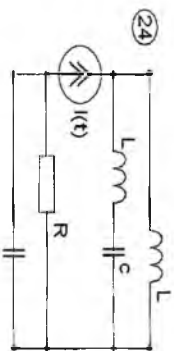
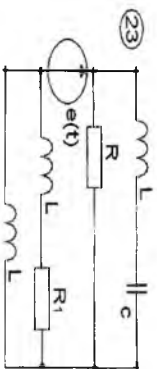
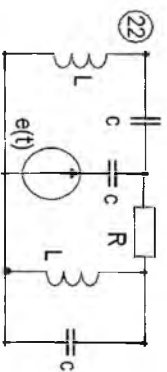
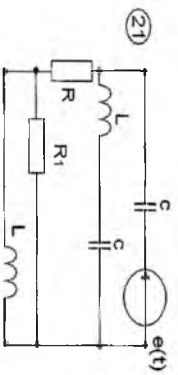
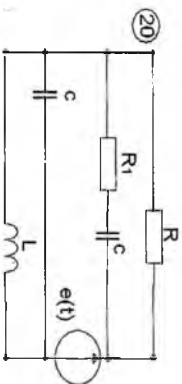
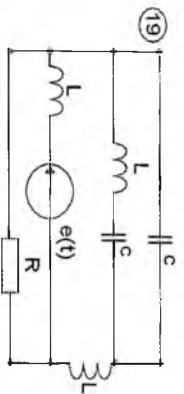
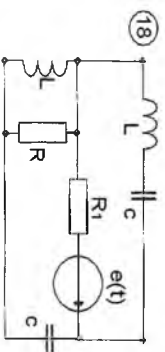
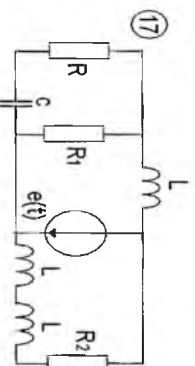
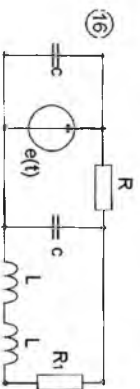
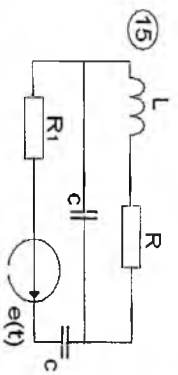
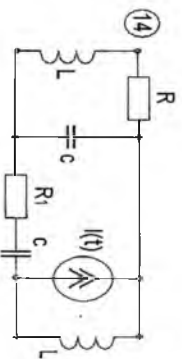
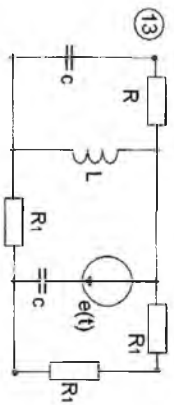
Дополнительное задание

Определить эквивалентное сопротивление части цепи, подключенной к источнику:

- а) на основе предыдущего расчета;
- б) путем эквивалентного преобразования цепи.

Перечень схем 2.1





Пример выполнения задания № 2

2.2. Исходные данные для расчета

$$N = 20, M = 20;$$

$$R = 40 \text{ Ом}; \quad \omega L = 30 \text{ Ом}, \quad \frac{1}{\omega C} = 40 \text{ Ом};$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \psi_i) = 20\sqrt{2} \sin(\omega t + 90^\circ), \text{ мА},$$

Расчетная схема показана на рис. 2.1.

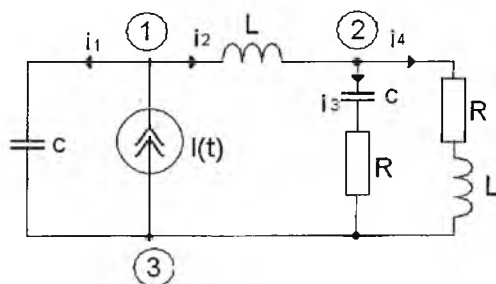


Рис. 2.1 Расчетная схема

2.3. Для составления уравнений в символической форме построим эквивалентную комплексную схему (рис. 2.2) и определим значения ее элементов.

$$\underline{Z}_1 = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{\omega C} = -j 40 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_2 = j\omega L = j30 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_3 = R - j \frac{1}{\omega C} = 40 - j40 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_4 = R + j\omega L = 40 + j 30 \text{ Ом};$$

$$\underline{J} = j e^{j\psi_i} I = 20 e^{j90^\circ} \text{ мА} = j 20 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

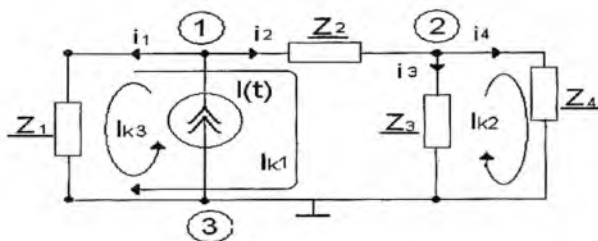


Рис. 2.2. Эквивалентная комплексная схема замещения

2.3.1. Составим систему уравнений по законам Кирхгофа. Количество уравнений равно

$$N_{\text{ГЗК}} = N_y - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$N_{\text{ГЗК}} = N_b - N_y + 1 - N_{\text{истт}} = 5 - 3 + 1 - 1 = 2.$$

Уравнения по законам Кирхгофа имеют вид

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + J = 0; \\ I_2 - I_3 - I_4 = 0; \\ -Z_1 I_1 + Z_2 I_2 + Z_3 I_3 = 0; \\ -Z_3 I_3 + Z_4 I_4 = 0. \end{cases} \quad (2.1)$$

2.3.2. Составим систему уравнений по МКТ. Количество уравнений по МКТ равно

$$\begin{cases} N_{\text{МКТ}} = N_b - N_y + 1 - N_{\text{истт}} = 5 - 3 + 1 - 1 = 2 \\ (Z_1 + Z_2 + Z_3) I_{K1} - Z_3 I_{K2} - Z_1 I_{K3} = 0 \\ -Z_3 I_{K1} + (Z_3 + Z_4) I_{K2} = 0. \\ I_{K3} = J \end{cases} \quad (2.2)$$

2.3.3. Система уравнений по МУН. Количество уравнений по МУН равно

$$N_{\text{МУН}} = N_y - 1 = 3 - 1 = 2.$$

Принимаем за опорный (базисный) 3 узел, т.е. $U_3 = 0$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) U_1 - \frac{1}{z_2} U_2 = \underline{J} \\ -\frac{1}{z_2} U_1 + \left(\frac{1}{z_2} + \frac{1}{z_3} + \frac{1}{z_4} \right) U_2 = 0. \end{array} \right. \quad (2.3)$$

2.3.4. Произведём расчет комплексных токов ветвей. Как видно из системы уравнений, целесообразно воспользоваться МКТ или МУН, т.к. по этим методам необходимо решать системы из двух уравнений, а по законам Кирхгофа – из четырех.

Выберем для дальнейшего расчета МКТ.

Подставим числовые значения, получим систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} (-j40 + j30 + 40 - j40)I_{K1} - (40 - j40)I_{K2} = -j40 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \\ -(40 - j40)I_{K1} + (40 - j40 + 40 + j30)I_{K2} = 0 \\ (40 - j50)I_{K1} - (40 - j40)I_{K2} = 0.8 \\ -(40 - j40)I_{K1} + (80 - j40)I_{K2} = 0. \end{array} \right. \quad (2.4)$$

Решим систему (2.4) с помощью метода подстановки. Из второго уравнения системы (2.4) имеем

$$\underline{I}_{K2} = \frac{40 - j40}{80 - j10}, \quad \underline{I}_{K1} = \frac{\sqrt{40^2 + 40^2} e^{-j \arctg \frac{40}{40}}}{\sqrt{80^2 + 10^2} e^{-j \arctg \frac{10}{80}}},$$

$$\underline{I}_{K1} = \frac{56,56 e^{-j45^\circ}}{80,622 e^{-j7,125^\circ}}, \quad \underline{I}_{K1} = 0,702 e^{-j37,875^\circ} \cdot \underline{I}_{K1}.$$

Подставим значение \underline{I}_{K2} в первое уравнение системы (2.4)

$$\underline{I}_{K1} (40 - j50) - (40 - j40) \cdot 0,702 e^{-j37,875^\circ} \cdot \underline{I}_{K1} = 0,8;$$

$$\underline{I}_{K1} \cdot 36,61 e^{-j16,83^\circ} = 0,8;$$

$$\underline{I}_{K1} = \frac{0,8}{36,61e^{-j168,3^\circ}} = 21,852 \cdot 10^{-3} e^{-16,83^\circ} = (21,852 \cos 16,83^\circ + j21,852 \cdot \sin 16,83^\circ) \cdot 10^{-3} = (20,916 + j6,327) \cdot 10^{-3} \text{ A};$$

$$\underline{I}_{K2} = 0,702 e^{-j37,875^\circ} \cdot 21,852 \cdot 10^{-3} e^{-16,83^\circ} = 15,332 e^{-j21^\circ} \cdot 10^{-3} = (14,313 - j5,494) \cdot 10^{-3} \text{ A}.$$

Рассчитаем токи ветвей

$$\underline{I}_{K1} = \underline{I}_{K1} + J = (-20,916 - j6,327 + j20) \cdot 10^{-3} = (-20,916 + j13,637) \cdot 10^{-3} = 24,989 \cdot 10^{-3} \cdot e^{j146,8^\circ} \text{ A};$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_{K1} = 21,852 \cdot 10^{-3} e^{-16,83^\circ} \text{ A};$$

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_{K1} - \underline{I}_{K2} = (20,916 + j6,327 - 14,313 + j5,494) \cdot 10^{-3} = (6,602 + j11,821) \cdot 10^{-3} = 13,54 \cdot 10^{-3} e^{j60,8^\circ} \text{ A}.$$

$$\underline{I}_4 = \underline{I}_{K2} = 15,332 \cdot 10^{-3} e^{-j21^\circ} \text{ A}.$$

Расчет контурных токов и токов ветвей целесообразно выполнить на компьютере с помощью программы Mathcad 2001.

2.4. Выполним проверку правильности расчета токов с помощью уравнения баланса комплексных мощностей.

$$\underline{S}_{\text{ист}} = J^* \cdot U_{13} = J^* \cdot I_1 Z_1 = -j20 \cdot 10^{-3} \cdot 24,989 \cdot 10^{-3} e^{j146,8^\circ} \cdot 40 e^{-j90^\circ} = 19,991 \cdot 10^{-3} e^{-j33,2^\circ} = (16,728 - j10,946) \cdot 10^{-3} \text{ ВА};$$

$$\underline{S}_{\text{пот}} = I_1^2 Z_1 + I_2^2 Z_1 + I_3^2 Z_1 + I_4^2 Z_1 = 24,989^2 \cdot 10^{-6} (-j40) + 21,852^2 \cdot 10^{-6} \cdot j30 + 5,54^2 \cdot 10^{-6} \cdot (40 - j40) + 15,332^2 \cdot 10^{-6} \cdot (40 + j30) = (16,736 - j10,936) \cdot 10^{-3} \text{ ВА}.$$

Так как комплексные мощности источника и приемника равны, то расчет токов выполнен правильно.

Задание № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ (ЛЭЦ)

3.1. В соответствии с номером варианта (N – порядковый номер под которым записана фамилия студента в групповом журнале), выбрать схему (перечень схем 3.1) и рассчитать параметры её элементов:

$$R_1 = M, \text{ Ом}; \quad R_2 = N + M, \text{ Ом}; \quad L = M, \text{ мГн}; \quad C = N + M, \text{ нФ},$$

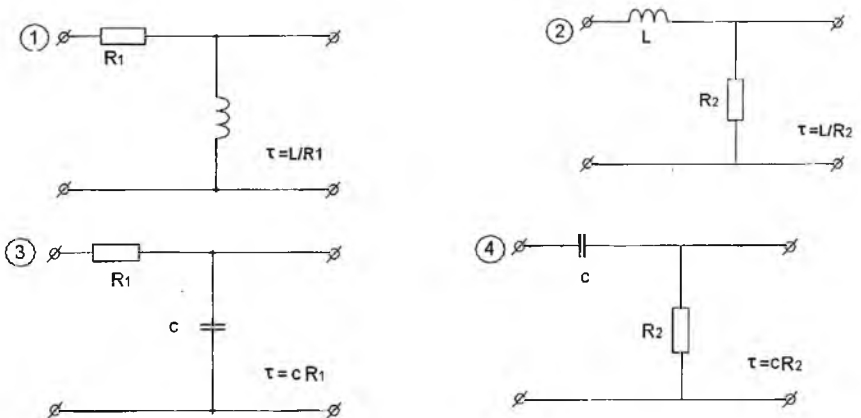
где значение M задается преподавателем.

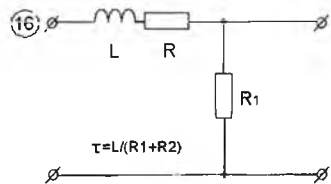
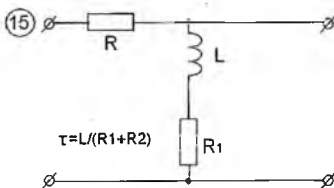
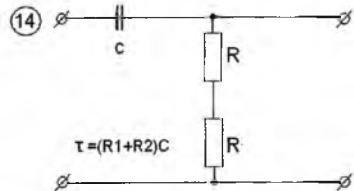
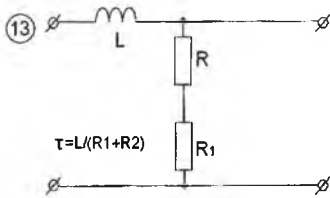
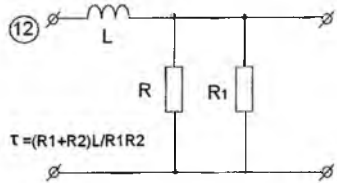
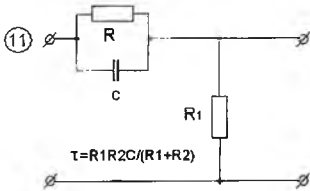
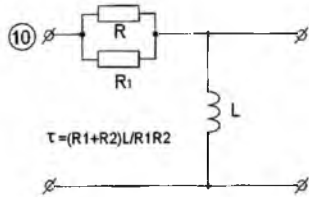
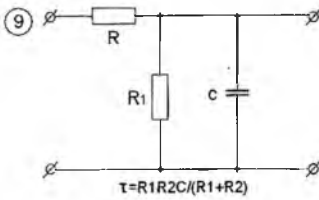
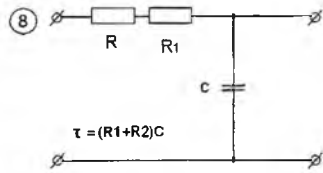
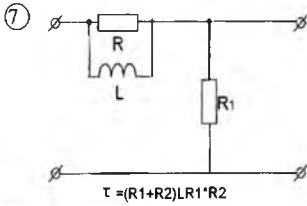
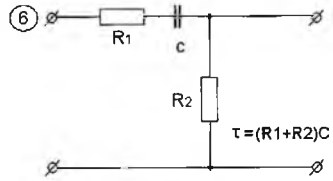
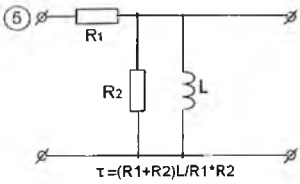
3.1.1. Для заданного четырехполюстника получить выражение комплексной передаточной функции по напряжению $H(j\omega) = U_2/U_1 = H(\omega) e^{\varphi(\omega)}$.

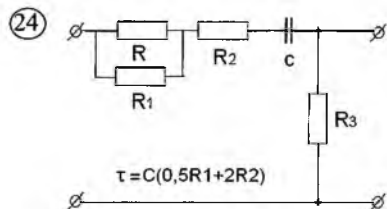
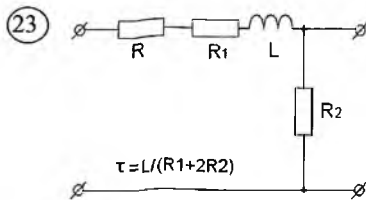
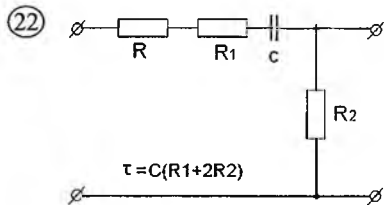
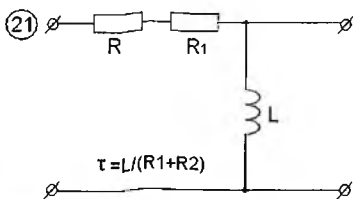
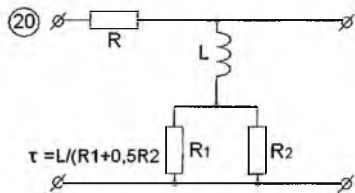
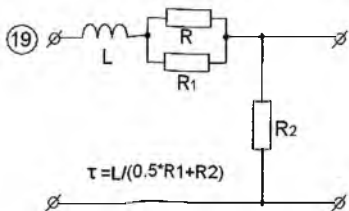
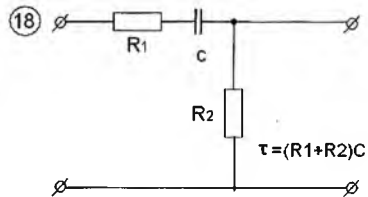
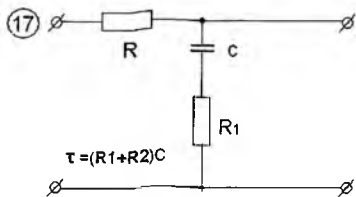
3.1.2. Рассчитать опорную частоту $\omega_0 = 1/\tau$, где τ – постоянная времени цепи.

3.1.3. Рассчитать и построить АЧХ $H(\omega)$ и ФЧХ $\varphi(\omega)$ данной цепи в диапазоне частот от 0 до $4\omega_0$.

Перечень схем 3.1







Пример выполнения задания № 3

3.2. Исходные данные:

$$N = 10; M = 20; R_1 = 20 \text{ Ом}; R_2 = 30 \text{ Ом}; L = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}.$$

Расчетная схема показана на рис. 3.1.

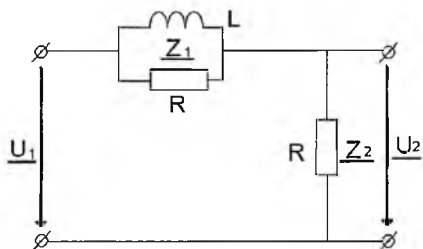


Рис. 3.1. Расчетная схема

3.3. Получим выражение комплексной передаточной функции по напряжению $H(j\omega)$:

$$H(j\omega) = \underline{U}_2 / \underline{U}_1 = Z_2 / (Z_1 + Z_2). \quad (3.1)$$

После подстановки в (3.1) выражений для комплексных сопротивлений

$$Z_1 = R_1 \cdot j\omega L / (R_1 + j\omega L); \quad Z_2 = R_2$$

получим

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{R_2}{\frac{R_1 j\omega L}{R_1 + j\omega L} + R_2} = \frac{R_2(R_1 + j\omega L)}{R_1 + R_2 + j\omega L(R_1 + R_2)} = \frac{R_1 R_2 + R_2 j\omega L}{R_1 R_2 + j\omega L(R_1 + R_2)} = \\ &= \frac{600 + j\omega 600 \cdot 10^{-4}}{600 + j\omega \cdot 10^{-3}} = H(\omega) e^{j\varphi(\omega)}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

3.4. Рассчитаем опорную частоту:

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau} = \frac{R_1 R_2}{L(R_1 + R_2)} = \frac{20 \cdot 30}{20 \cdot 10^{-4} \cdot (20 + 40)} = 6 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}.$$

3.5. Рассчитаем и построим АЧХ и ФЧХ цепи в диапазоне частот от 0 до $4\omega_0$.

Из (3.2) получим выражение АЧХ:

$$\begin{aligned}
 H(\omega) &= I H(\omega) I = \sqrt{\frac{600^2 + (20 + 10^{-6} \cdot \omega \cdot 30)^2}{600^2 + 10^{-6} \cdot \omega^2}} = \\
 &= \sqrt{\frac{36 \cdot 10^4 + 4 \cdot 10^{-10} \cdot \omega^2}{36 \cdot 10^4 + 10^{-6} \cdot \omega^2}}.
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Из (3.2) получим выражение ФЧХ цепи:

$$\begin{aligned}
 \varphi(\omega) &= \arg H(i\omega) = \arctg(20 \cdot 10^{-6} \omega / 600) - \arctg(10^{-3} \omega / 600) = \\
 &= \arctg(3,3 \cdot 10^{-8} \omega) - \arctg(1,6 \cdot 10^{-6} \cdot \omega).
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

Задавая значения частоты ω , рассчитаем АЧХ $H(\omega)$ по формуле (3.3) и ФЧХ $\varphi(\omega)$ по формуле (3.4). Результаты расчета сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

ω	0	$0,5\omega_0$	ω_0	$2\omega_0$	$3\omega_0$	$4\omega_0$
$\omega, \text{с}^{-1}$	0	$3 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$12 \cdot 10^5$	$18 \cdot 10^5$	$24 \cdot 10^5$
$\omega \cdot 10^5, \text{с}^{-1}$	0	3	6	12	18	24
$H(\omega)$	1	0,93	0,82	0,69	0,64	0,63
$\varphi(\omega), \text{град}$	0	-20,12	-14,03	-13,24	-10,62	-8,58

По данным табл. 3.2 построены графики АЧХ $H(\omega)$ и ФЧХ $\varphi(\omega)$, приведенные на рис. 3.2 и рис. 3.3.

Расчет и построение АЧХ и ФЧХ удобно выполнить с помощью компьютерной программы Mathcad 2001.

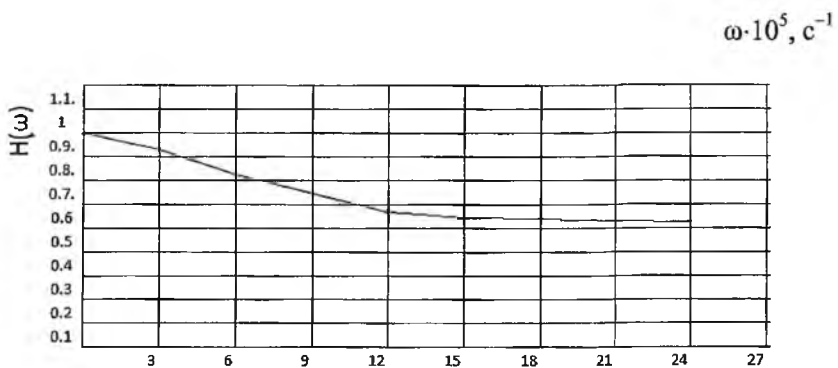


Рис. 3.2. Амплитудно-частотная характеристика

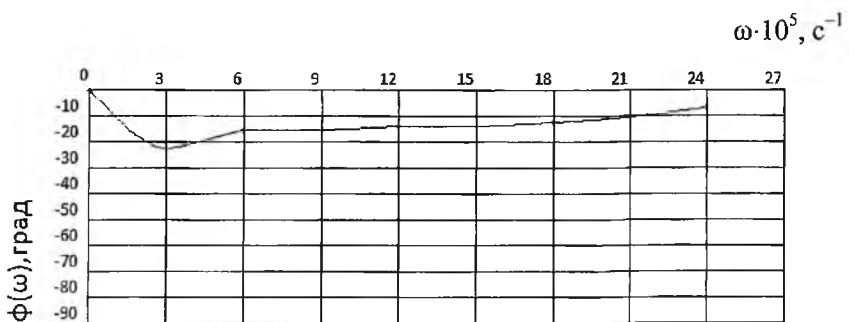


Рис. 3.3 Фазо-частотная характеристика

Литература

1. *Касаткин А.С., Немцов М.В.* Электротехника: Учебник. – М.: Академия, 2007. – 539 с.
2. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники. В 2-х т. – М.: Юрайт, 2013. – 1344 с.
3. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники: Сборник задач. – М.: Юрайт, 2014. – 528 с.

Образец титульного листа

**ДЛЯ ФИЛИАЛА РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
НЕФТИ И ГАЗА имени И.М. ГУБКИНА в г. Ташкент**

Отделение физики, электроники и электротехники

**Индивидуальное задание
по электротехнике и электронике**

Выполнил:

Студент:

Груша

Ф.И.О.

Ташкент 2014

Содержание

Предисловие.....	3
Задание 1. Расчет цепей постоянного тока с независимыми источниками.....	4
Задание 2. Расчет цепей синусоидального тока символическим методом.....	11
Задание 3. Исследование частотных характеристик линейных электрических цепей (ЛЭЦ).....	18
Литература.....	24

**Мелик-Шахназарова Ирина Александровна
Иванова Елена Валентиновна**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ
ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

Редактор *Л.А. Суаридзе*
Компьютерная верстка *И.В. Севалкина*

Подписано в печать 07.10.2014. Формат 60×90/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. п.л. 1,8. Тираж 100 экз. Заказ № 375

Издательский центр
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина
Ленинский просп., 65
Тел/Факс: (499) 507-82-12

