

Министерство Образования и Науки Республики Казахстан  
Некоммерческое акционерное общество  
Алматинский Университет Энергетики и Связи

Кафедра ТОЭ

РАСЧЕТНО – ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

По дисциплине: «Теоретические основы электротехники 1»

На тему: «Расчет разветвленных электрических цепей однофазного синусоидального тока»

Специальность: 050718 Электроэнергетика

Выполнила: Наурзбаева С.      Группа: Э-13-7

№ зачетной книжки: 134228

Принял: старший преподаватель Креслина С.Ю.

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г. \_\_\_\_\_

Алматы 2014

## Содержание:

1. Цель работы
  2. Исходные данные
  3. Решение
    - 3.1 Система уравнений по законам Кирхгофа для значений токов.
    - 3.2 Расчет комплексных действующих значений токов
      - а) Метод контурных токов
      - б) Метод узловых потенциалов
    - 3.3 Уравнение баланса мощностей
    - 3.4 Топографическая диаграмма
- Список используемой литературы.

## 1. Цель работы:

Для разветвленной электрической цепи выполнить следующее:

а) составить систему уравнений по законам Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений и для комплексных величин;

б) рассчитать комплексные действующие значения токов во всех ветвях двумя методами: методом контурных токов и методом узловых потенциалов;

в) составить уравнение баланса мощностей в цепи и проверить точность его выполнения;

г) построить топографическую диаграмму, совмещенную с векторной диаграммой токов.

Методические указания:

а) при расчёте методами контурных токов и узловых потенциалов схему можно упростить путём замены двух параллельных ветвей с пассивными элементами одной эквивалентной;

б) баланс мощностей можно составить для комплексной, активной и реактивной мощностей. Для полных мощностей уравнение баланса не составляется;

в) при построении топографической диаграммы точку с нулевым потенциалом следует поместить в начало координат на комплексной плоскости и из этой же точки строить вектора токов.

## 2. Исходные данные

Таблица 3.1

Год поступления	Последняя цифра зачетной книжки
Нечетный	8
№ рисунка	3.9
$E_1, В$	40
$\Psi_{E_1}$ , град	60
$E_2, В$	0
$\Psi_{E_2}$ , град	0
$E_3, В$	60
$\Psi_{E_3}$ , град	30

Таблица 3.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачетной книжки
Нечетный	2
$R_1, Ом$	8
$X_{L1}, Ом$	8
$X_{C1}, Ом$	7
$R_2, Ом$	18
$X_{L2}, Ом$	10
$X_{C2}, Ом$	6

Таблица 3.3

Год поступления	Первая буква фамилии
четный	Н
$R_3, \text{ Ом}$	16
$X_{L3}, \text{ Ом}$	20
$X_{C3}, \text{ Ом}$	15

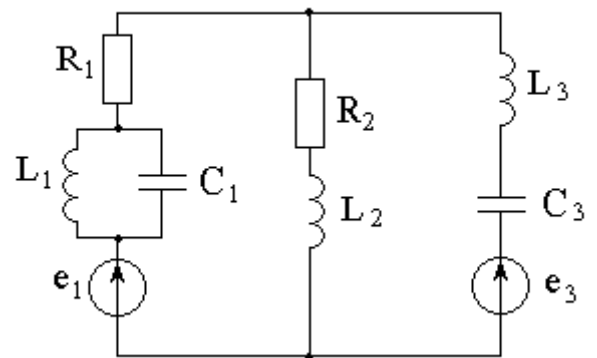


Рисунок 3.1

### 3. Решение

#### 3.1 Система уравнений по законам Кирхгофа для значений токов.

Составим систему уравнений по законам Кирхгофа для мгновенных и комплексных значений токов:

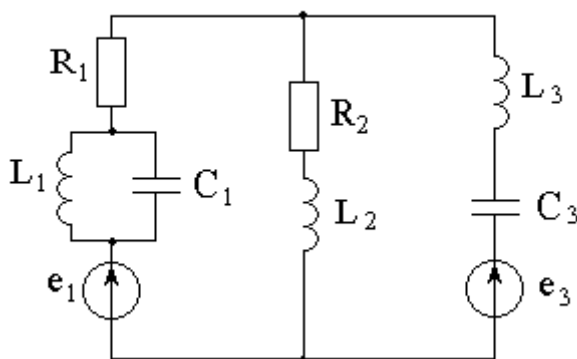


Рисунок 3.2

$$\begin{cases} i_1 + i_2 + i_3 = 0 \\ i_1' + i_1'' - i_1 = 0 \end{cases} \text{ — I закон Кирхгофа для мгновенных значений}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -i_2 R_2 - L_2 \frac{di_{L2}}{dt} + L_1 \frac{di_{L1'}}{dt} + i_1 \cdot R_1 = e_1 \\ L_1 \frac{di_{L1'}}{dt} - \frac{1}{C_1} \int i_1'' dt = 0 \\ -L_2 \frac{di_{L2}}{dt} - i_2 R_2 + L_3 \frac{di_{L3}}{dt} + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = e_3 \end{array} \right. , - \text{II закон Кирхгофа для мгновенных значений}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0 \\ \dot{I}_1' + \dot{I}_1'' - \dot{I}_1 = 0 \\ -\dot{I}_2 R_2 - \dot{I}_2 j X_{L2} + \dot{I}_1' j X_{L1} + \dot{I}_1 R_1 = \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1' j X_{L1} + \dot{I}_1'' j X_{C1} = 0 \\ -\dot{I}_2 R_2 - \dot{I}_2 j X_{L2} + \dot{I}_3 j X_{L3} - \dot{I}_3 j X_{C3} = E_3 \end{array} \right. , - \text{для комплексных значений}$$

### 3.2 Расчет комплексных действующих значений токов

Рассчитаем комплексные действующие значения токов во всех ветвях двумя методами:

Для этого сначала произведем замену:

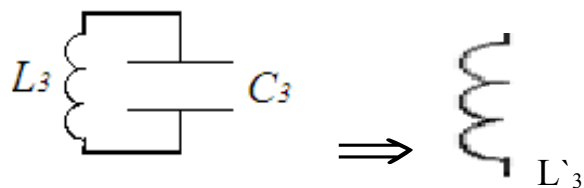


Рисунок 3.3

где  $Z_1'$  – общее сопротивление между  $L_1$  и  $C_1$

$$Z_1' = \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5} = \frac{-8 \cdot 7}{j} = -56 j \text{ Ом}$$

$$Z_1 = R_1 + Z_1' = 8 - 56 j$$

$$Z_2 = R_2 + jX_{L2} = 18 + j 10$$

$$Z_3 = jX_{L3} - jX_{C3} = j 5$$

Тогда схема примет следующий вид:

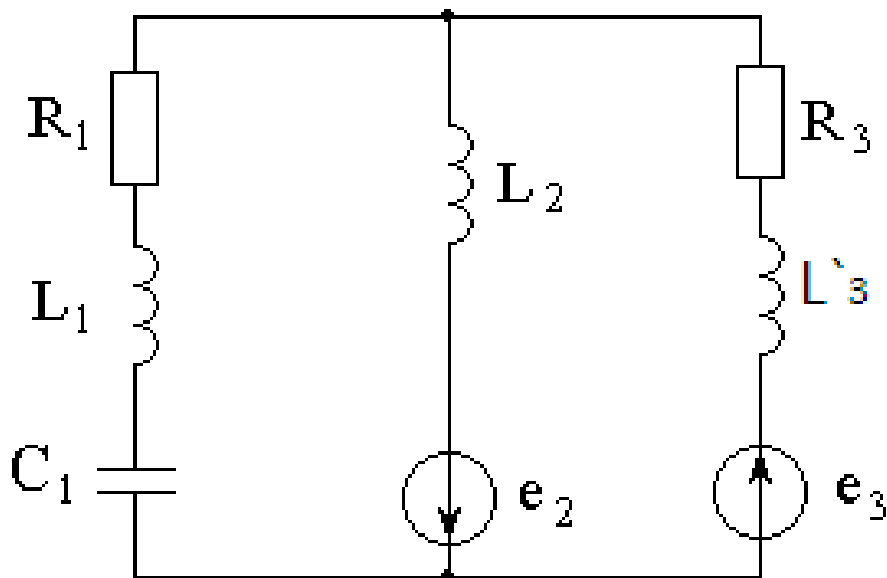


Рисунок 3.4

### а) Метод контурных токов

Составим систему уравнений для контуров схемы:

$i$

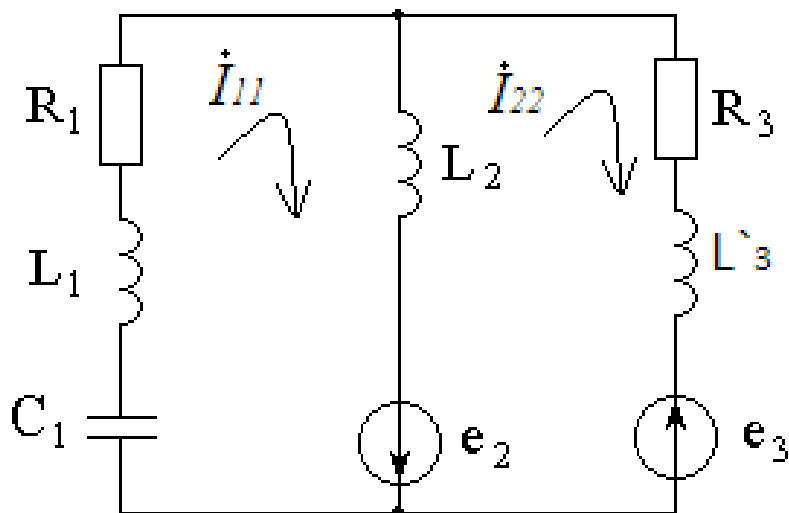


Рисунок 3.5

Далее с помощью вычислительной программы Mathcad13, подставив значения в систему, решим уравнение методом Крамера:

$$\begin{cases} \dot{I}_{11}(26-j46)+\dot{I}_{22}(18+j10)=20+34.461j \\ \dot{I}_{11}(18+j10)+\dot{I}_{22}(18+J15)=51.962+j30 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 26-j46 & 18+j10 \\ 18+j10 & 18+J15 \end{vmatrix} = 934-j798$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} 20+34.461j & 18+j10 \\ 51.962+j30 & 18+J15 \end{vmatrix} = 792.222-j139.317$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} 26-j46 & 20+34.461j \\ 18+j10 & 51.962+j30 \end{vmatrix} = 2176-j2431$$

$$I_{11} = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} = -0.417-j0.507 \text{ A}$$

$$I_{22} = \frac{\Delta_{22}}{\Delta} = 2.966 - j0.068 \text{ A}$$

Отсюда следует, что:

$$I_1 = I_{11} = -0.417-j0.507 \text{ A}$$

$$I_2 = -(I_{11} - I_{22}) = -2.549+j0.573 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{22} = 2.966 - j0.068 \text{ A}$$

Методом наложения найдем токи в параллельных ветвях:

$$I_1' = I_1 \frac{Z_5}{Z_4+Z_5} = 2.916 - j3.536$$

$$I_1'' = I_1 \frac{Z_4}{Z_4+Z_5} = -3.333 - j4.041$$

Проверим токи с помощью Iго закона Кирхгофа:

$$I_1' + I_1'' = I_1 = -0.417 - j0.505$$

Переведя токи из алгебраической формы в показательную, а затем в мгновенные, получим:

$$\begin{aligned} i_1 &= 0.928(\sin wt - 129.43^\circ) \\ i_2 &= 2.612(\sin wt + 167.33^\circ) \end{aligned}$$

$$i_3 = 2.967(\sin \omega t - 1.313^\circ)$$

$$i_1' = 4.583(\sin \omega t + 50.49^\circ)$$

$$i_1'' = 5.238(\sin \omega t - 129.515^\circ)$$

### б) Метод узловых потенциалов

$$\dot{U}_{ab} = \frac{\dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{E}_3 \cdot Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3}, \text{ где}$$

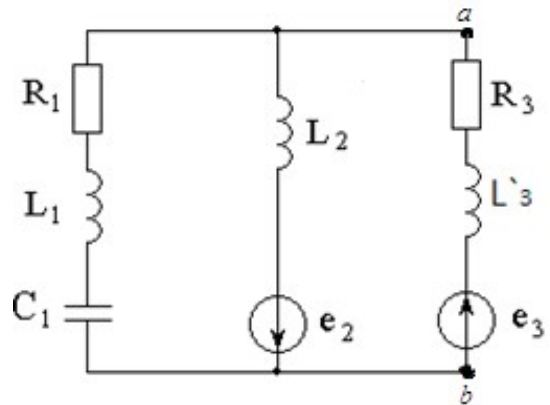
Из схемы видно, что

$$Y_1 = \frac{1}{Z_1}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Z_2}$$

$$Y_3 = \frac{1}{Z_3}$$

Рисунок 3.5



Тогда:

$$Y_1 = \frac{1}{Z_1} = 2.5 \times 10^{-3} - j0.018 \quad \text{См}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Z_2} = 0.042 - j0.024 \quad \text{См}$$

$$Y_3 = \frac{1}{Z_3} = -j0.2 \quad \text{См}$$

Подставив значения, получим:

$$\dot{U}_{ab} = \frac{(20 + 34.461j) \cdot (2.5 \cdot 10^{-3} - j0.018) + (51.962 + j30)(-j0.2)}{2.5 \cdot 10^{-3} - j0.018 - j0.2 + 0.042 - j0.024} = 51.62 + j15.171 \text{ В}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{ab}}{Z_1} = \frac{-31.62 + j19.29}{8 - j56} = -0.417 - j0.505 \text{ А}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-\dot{U}_{ab}}{Z_2} = -2.549 + j0.573 \text{ А}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_3 - \dot{U}_{ab}}{Z_3} = 2.966 - j0.068 \text{ А}$$



Проверим токи, полученные методом узловых потенциалов с помощью I закона Кирхгофа

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = (-0.417 - j0.505) + (-2.549 + j0.573) + (2.966 - j0.068) = 0$$

### 3.3 Уравнение баланса мощностей

Составим уравнение баланса мощностей в цепи и проверим точность его выполнения:

$$\sum \tilde{S}_{уст} = \sum \tilde{S}_{номр} \Rightarrow \tilde{S}_{уст} = \sum E \cdot \dot{I}$$

Тогда

$$\tilde{S}_{уст} = (20 + j34.461) \cdot (-0.417 + j0.505) + (51.962 + j30) \cdot (2.966 - j0.068) = 126.335 + j88.243 \text{ Вт}$$

$$\tilde{S}_{номр} = I_1^2 \cdot Z_1 + I_2^2 \cdot Z_2 + I_3^2 \cdot Z_3 = 0.655^2 \cdot (8 - j56) + 2.613^2 \cdot (18 + j10) + 2.967^2 \cdot (j5) = 126.332 + j88.268 \text{ Вт}$$

Определим погрешность вычислений:

$$\sigma = \frac{\tilde{S}_{уст} - \tilde{S}_{номр}}{\tilde{S}_{уст}} \cdot 100\% = 0.0075\%$$

### 3.4 Топографическая диаграмма

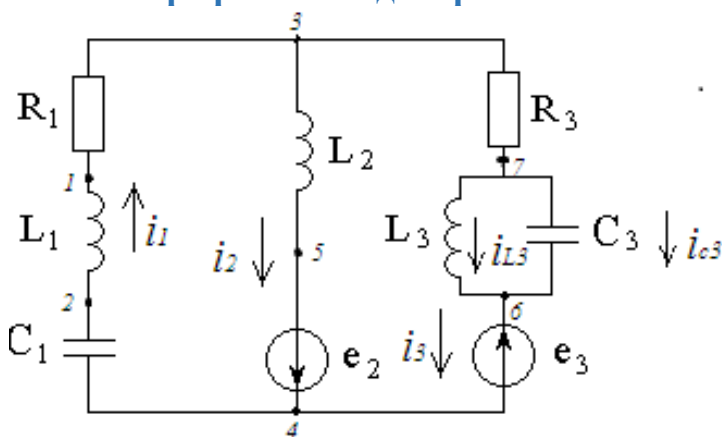


Рисунок 3.6

Пусть  $\dot{\phi}_2 = 0$ , тогда остальные потенциалы рассчитаем с помощью Mathcad

$$1) \dot{\phi}_c = -\dot{I}_2(jX_{L2}) = 5.734 + j25.492 \text{ В}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_e - \dot{I}_2 R_2 = 51.62 + j 15.171 \text{ B}$$

$$2) \dot{\varphi}_a = \dot{E}_1 = 20 + j 34.461 \text{ B}$$

$$\dot{\varphi}_b = \dot{\varphi}_a - \dot{I}_1 (j X_{L1}) = 48.287 + j 11.13 \text{ B}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_b - \dot{I}_1 R_1 = 51.62 + j 15.171 \text{ B}$$

$$3) \dot{\varphi}_e = \dot{E}_3 = 51.962 + j 30$$

$$\dot{\varphi}_d = \dot{\varphi}_e + \dot{I}_3 (j X_{C3}) = 52.986 + j 74.488 \text{ B}$$

$$\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_d - \dot{I}_3 (j X_{L3}) = 51.62 + j 15.171 \text{ B}$$

### **Список используемой литературы**

1. Л.А. Бессонов «Теоретические основы электротехники. Электрические цепи»;
2. Л.Р. Нейман, К.С. Демирчян «Теоретические основы электротехники»;
3. Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов «Основы теории цепей»;
4. Конспект лекций «Теоретические основы электротехники 1».

