Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Факультет «Специальное машиностроение»

Кафедра «Автономные информационные и управляющие системы»

Лабораторная работа №1

по дисциплине

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ»

Исследование законов Кирхгофа в цепях постоянного тока

Вариант №1

Выполнил ст. группы РЛ6-31

Филимонов С.В.

Проверила проф. Рассадкин Н.Ю.

Оценка в баллах_________

Москва, 2021

Цель и задачи работы:

- Исследовать законы Кирхгофа в линейных разветвлённых резистивных цепях постоянного тока;
- Изучить распределение электрических потенциалов в электрической цепи.

Используемое ПО:

- Интегрируемая среда MicroCap.

Подготовительное задание:

1. Ответить на вопросы:

- Сколько независимых уравнений можно составить для цепи по методу уравнений Кирхгофа, если цепь содержит p ветвей и q узлов?

Ответ:

По правилам Кирхгофа составляется столько цепей, сколько в схеме ветвей, то есть возможно всего p уравнений. Из них по первому з-н q-1 и по второму з-н p-(q-1).

- Определить для цепи изображённой на рис. 1.2 число независимых контуров и независимых узлов.

Ответ:

Ветви: 4 (следует из схемы, участки с разным током)

Узел: 3 (l и k можно вместе соединить)

Контура: 3 (от точки a идём по часовой)

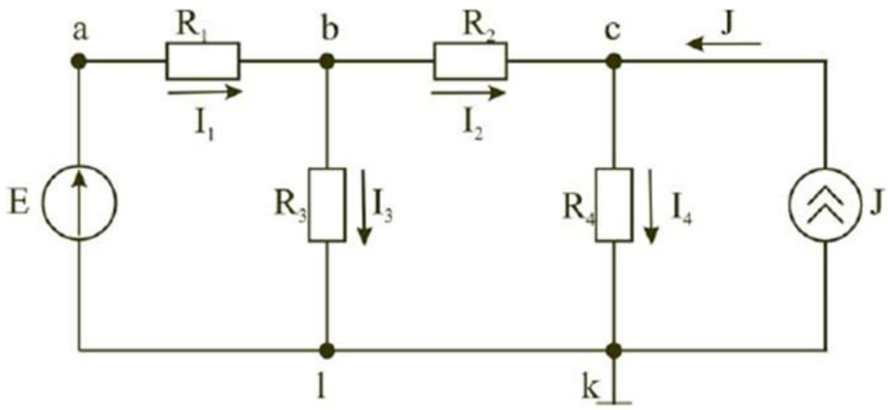


Рис. 1.2 Схема электрической цепи

2. Решить задачу.

Дана электрическая цепь с идеальными источниками (рис. 1.2)

$R_1 = R_2 = 100$ Ом, $R_3 = R_4 = 200$ Ом, E=5 В, J=12 мА.

а) Определить токи и напряжения всех ветвей по законам Кихгофа. Результаты расчетов занести в таблицу 1.2.

Решение: Схема на рис. 1.2 содержит 3 узла и 4 ветвей, одна из которых содержит только один активный элемент - источник тока. Следовательно, необходимо определить 4 неизвестных тока: I_1 , I_2 , I_3 , I_4 .Составим 4 независимых уравнения по законам Кирхгофа.

По первому закону Кирхгофа можно составить 3-1=2 уравнения:

Для узла b:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0; \tag{1}$$

для узла с:

$$I_2 - I_4 + J = 0; \tag{2}$$

По 2-му закону Кирхгофа составим уравнение для контура a-b-l-a:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E; \tag{3}$$

и для контура b-c-k-l-b:

$$R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 = 0. \tag{4}$$

(1), (2), (3), (4) система из четырех уравнений с 4-мя неизвестными. Запишем ее в матричной форме в виде $\mathbf{A} \ \mathbf{I} = \mathbf{F}$.

$$\begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & 0 & R_3 & 0 \\ 0 & R_2 & -R_3 & R_4 \end{matrix} \quad \begin{matrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{matrix} = \begin{matrix} 0 \\ -J \\ E \\ 0 \end{matrix} . \tag{5}$$

Для решения этого матричного уравнения я написал программу на C++:

#include <QCoreApplication>
#include <iostream>
using namespace std;
	void Multiplication(float inverse[N][N], float Multiplier[N][M], float decision[N][M]){
	for (int i = 0; i < N; i++){
	for (int j = 0; j < M; j++){

```
#define N 4
#define M 1
void getCofactor(int A[N][N], int temp[N][N],
int p, int q, int n){
   int i = 0, j = 0;
   for (int row = 0; row < n; row++){
      for (int col = 0; col < n; col++){
         if (row != p && col != q){
            temp[i][j++] = A[row][col];
            if (j == n - 1){
               j = 0;
               i++;
            }
         }
      }
   }
}

int determinant(int A[N][N], int n){
   int D = 0;
   if (n == 1)
      return A[0][0];
   int temp[N][N];
   int sign = 1;
   for (int f = 0; f < n; f++){
      getCofactor(A, temp, 0, f, n);
      D += sign * A[0][f] * determinant(temp, n
- 1);
      sign = -sign;
   }
   return D;
}
void adjoint(int A[N][N],int adj[N][N]){ //
   if (N == 1){
      adj[0][0] = 1;
      return;
   }
   int sign = 1, temp[N][N];
   for (int i=0; i<N; i++){
      for (int j=0; j<N; j++){
         getCofactor(A, temp, i, j, N);
         sign = ((i+j)%2==0)? 1: -1;
         adj[j][i] = (sign)*(determinant(temp, N-
1));
      }
   }
}
bool inverse(int A[N][N], float
inverse[N][N]){ // обратная матрица
   int det = determinant(A, N);
   if (det == 0){
      cout << "Singular matrix, can't find its
```

```
            decision[i][j] = 0;
            for (int k = 0; k < N; k++) {
               decision[i][j] +=
(Multiplier[k][j]*inverse[i][k]);
            }
         }
      }
}

template<class T>
void display(T A[N][N])
{
   for (int i=0; i<N; i++)
   {
      for (int j=0; j<N; j++)
         cout << A[i][j] << " ";
      cout << endl;
   }
}

template<class T>
void display(T A[N][M])
{
   for (int i=0; i<N; i++)
   {
      for (int j=0; j<M; j++)
         cout << A[i][j] << " ";
      cout << endl;
   }
}

int main(){
   int A[N][N] = { // сюды матрицу большую
      {1, -1, -1, 0},
      {0, 1, 0, -1},
      {100, 0, 200, 0},
      {0, 100, -200, 200}
   };
   float Mul[N][M] = { // сюды матрицу
маленькую
      {0},
      {-0.012},
      {5},
      {0}
   };
   float inv[N][N]; // To store inverse

   float T[N][M];

   cout << "Matrix A :\n";
   display(A);
   cout << "\nMatrix Mul :\n";
```

```
inverse";
        return false;
    }
    int adj[N][N];
    adjoint(A, adj);
    for (int i=0; i<N; i++)
        for (int j=0; j<N; j++)
            inverse[i][j] = adj[i][j]/float(det);

    return true;
}
```

```
    display(Mul);
    cout << "\nThe Inverse A\n";
    if (inverse(A, inv))
        display(inv);
    cout << "\nThe A/Mul\n";
    Multiplication(inv,Mul,T);
    display(T);
    return 0;
}
```

Значения вектора I мА:

I_1 = 0.0183636 мА

I_2 = 0.00254545 мА

I_3 = 0.0158182 мА

I_4 = 0.0145455 мА

Значения напряжений на сопротивлениях найдём, как:

$U_1 = I_1*R_1$ = 0.0183636*100 = 1,83636 В;

$U_2 = I_2*R_2$ = 0.00254545*100 = 0,254545 В;

$U_3 = I_3*R_3$ = 0.0158182 *200 = 3,16364 В;

$U_4 = I_4*R_4$ = 0.0145455*200 = 2,9091 В.

Полученные значения токов и напряжений поместим в таблицу 1.2, в строку «Вычислено».

б) Вычислить потенциалы точек, указанных на рис. 1.2. Точка с нулевым потенциалом указана в таблице 1.1. Результаты расчетов занести в таблицу 1.3

Решение:

По условию $\varphi_a = 0$;

$\varphi_b = \varphi_a - I_1R_1$ = 0 - 1,83636 = -1,83636 В;

$\varphi_c = \varphi_b - I_2R_2$ = -1,83636 - 0,254545 = -2,090905 В;

$\varphi_k = \varphi_c - I_4R_4$ = -2,090905 - 2,9091 ~ -4,999 В.

$\varphi_a = \varphi_k + E$ = -4,99 + 5 = 0,01 В.

Полученные значения потенциалов поместим в таблицу 1.3, в строку «Вычислено».

Практическая часть:

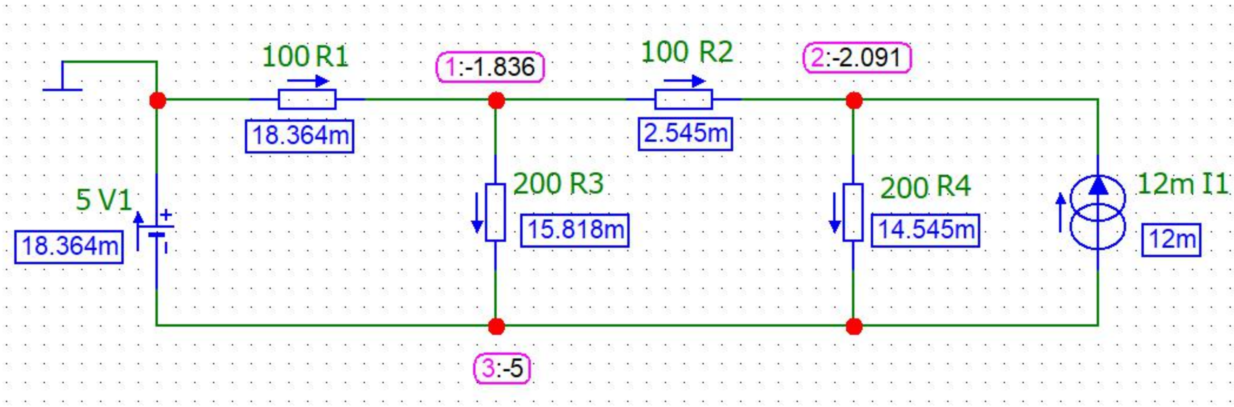


Рис. 1.3 Схема модели электрической цепи в среде Microcap

Таблица 1.2

Экспериментальные и расчётные данные исследования законов Кирхгофа

Величины	E,B	J, мА	U_1, B	U_2, B	U_3, B	U_4, B	I_1, мА	I_2, мА	I_3, мА	I_4, мА
Измерено	5	12	1,834	0,2545	3,1636	2,909	18,364	2,545	15,818	14,545
Вычислено	5	12	1,83636	0,254545	3,16364	2,9091	18,3636	2,5454	15,8182	14,5455

Таблица 1.3

Экспериментальные и расчётные данные исследования распределения потенциала в контуре

Потенциалы точек	φ_a, В	φ_b, В	φ_c, В	φ_k, В
Измерено	0	-1,836	-2,091	-5
Вычислено	0	-1,83636	-2,090905	-4,999

Рис.1.4. Потенциальная диаграмма измеренных значений потенциалов в точках a-b-c-k-a

Рис. 1.5. Потенциальная диаграмма вычисленных значений потенциалов в точках a-b-c-k-a

Вывод:*Сравнивая измеренные значения токов и напряжений в цепи с рассчитанными по законам Ома и Кирхгофа, мы убедились в том, что они реально действуют. А значения измеренных токов и напряжений в цепи отличаются от рассчитанных по причине неидеальности измерительных приборов, которые имеют своё собственное сопротивление.*

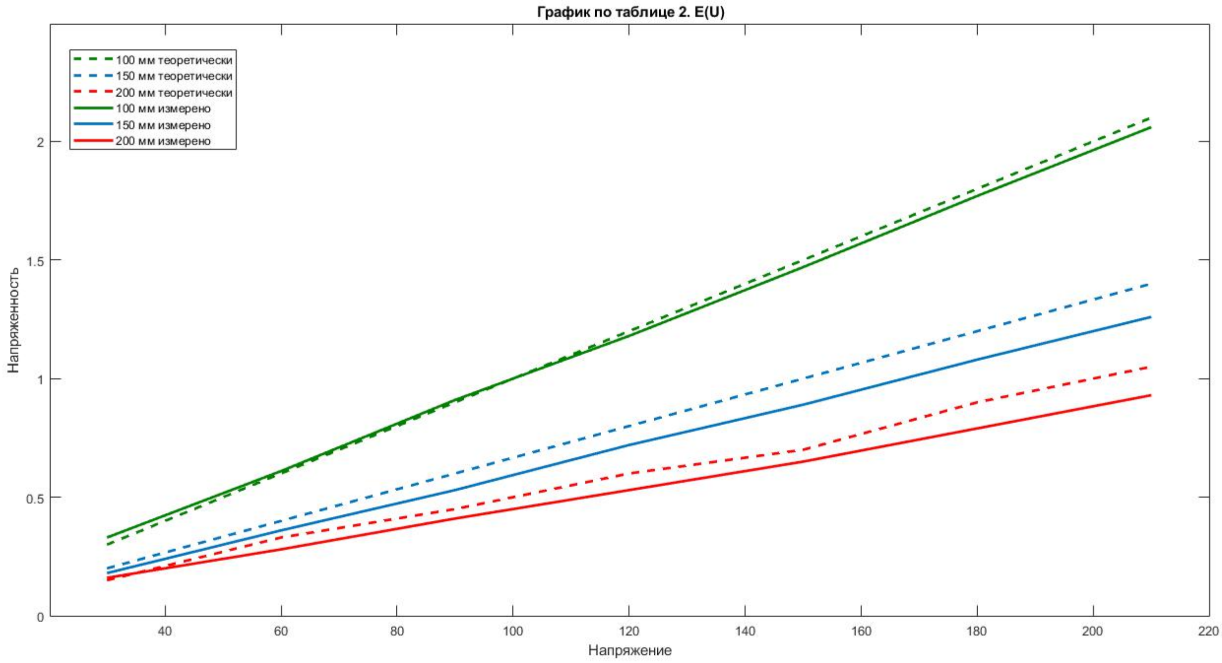
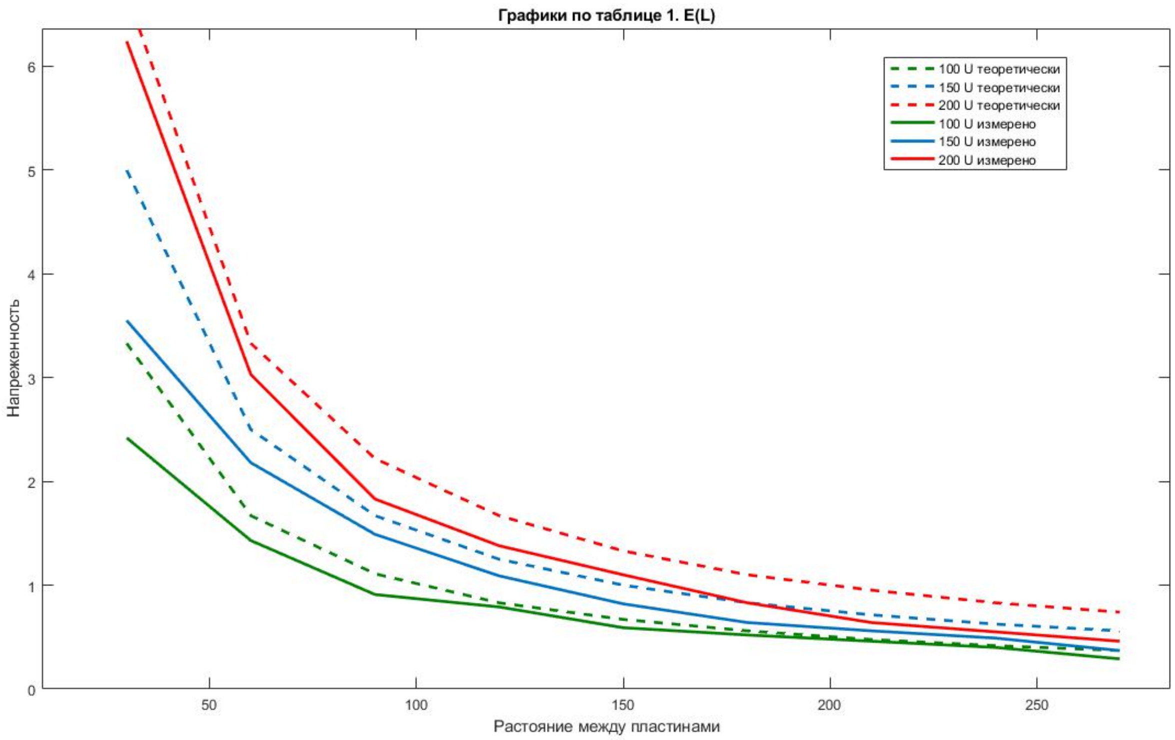


График по таблице 2. E(U)
100 мм теоретически
150 мм теоретически
200 мм теоретически
100 мм измерено
150 мм измерено
200 мм измерено
Напряженность
Напряжение
0
0.5
1
1.5
2
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220


Графики по таблице 1. E(L)
100 U теоретически
150 U теоретически
200 U теоретически
100 U измерено
150 U измерено
200 U измерено
Напреженность
Растояние между пластинами
0
1
2
3
4
5
6
50
100
150
200
250