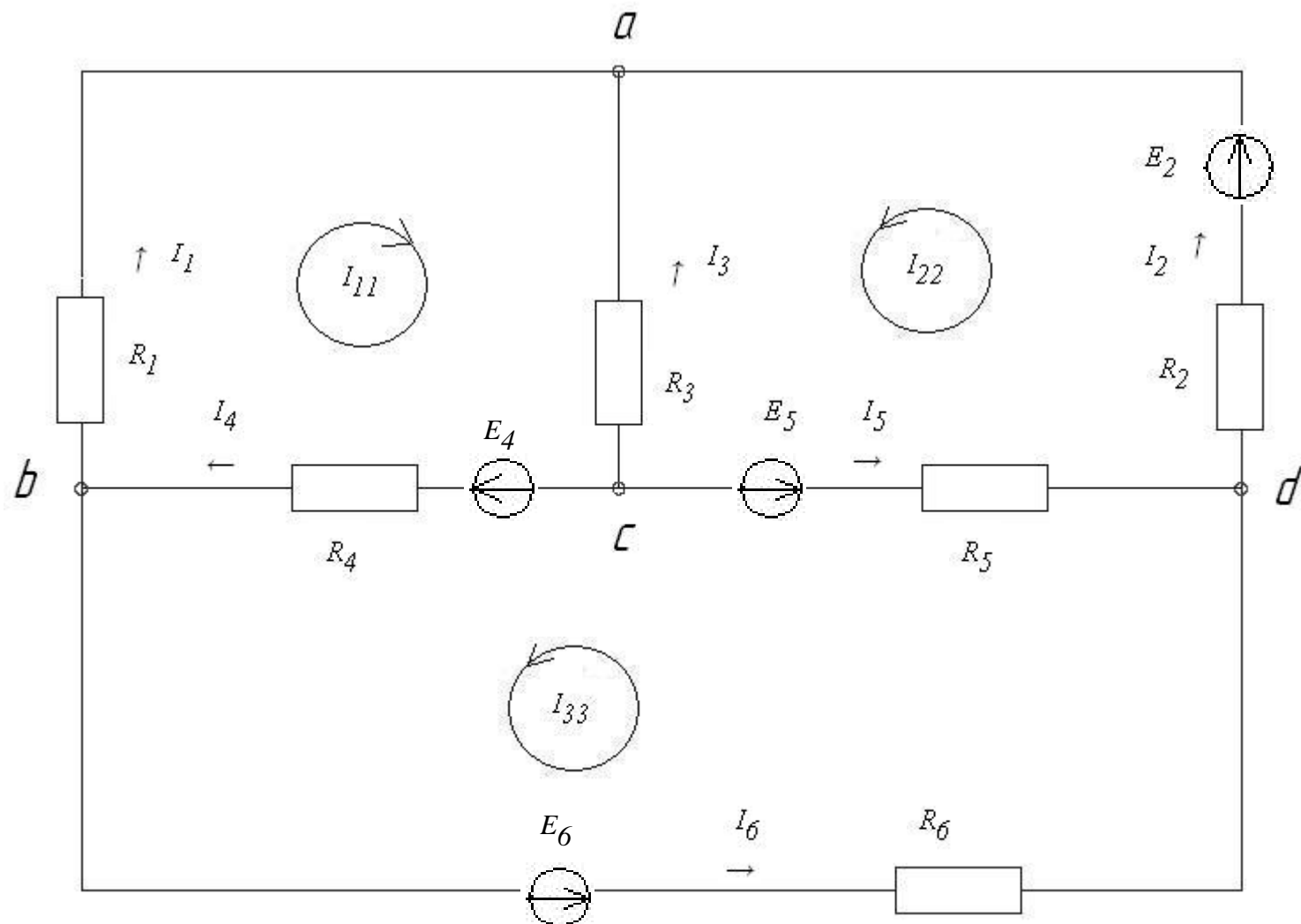


Контрольная работа

$E_1, B$	$E_2, B$	$E_3, B$	$E_4, B$	$E_5, B$	$E_6, B$	$R_1, Om$	$R_2, Om$	$R_3, Om$	$R_4, Om$	$R_5, Om$	$R_6, Om$
0	-6	0	-12	24	100	1	2	3	0	4	5



### 1.1 Уравнения по законам Кирхгофа.

1. Намечаем произвольно направления токов во всех ветвях (см схему)

2. Составляем уравнения по первому закону Кирхгофа. Для нашей схемы с четырьмя узлами нужно составить три уравнения

$$\left\{ \begin{array}{ll} -I_1 - I_2 - I_3 = 0 & \text{- для узла A} \\ I_1 - I_4 + I_6 = 0 & \text{- для узла B} \\ I_3 + I_4 + I_5 = 0 & \text{- для узла C} \end{array} \right.$$

3. выбираем произвольно направление обхода каждого контура цепи и составляем уравнения по второму закону Кирхгофа. Контур, для которых составляются уравнения, нужно выбрать так, чтобы каждый из них включал в себя хотя бы одну ветвь не вошедшую в другие контуры. Только при этом условии уравнения, составленные по второму закону Кирхгофа, будут независимыми друг от друга. Поэтому и контуры, выбранные с соблюдением приведенного выше условия, принято называть независимыми. Таким образом, число уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа должно быть равно числу независимых контуров:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 \times R_1 - I_3 \times R_3 = E_4 - E_3 \\ I_2 \times R_2 - I_3 \times R_3 + I_5 \times R_5 = E_2 - E_3 + E_5 \\ I_6 \times R_6 - I_5 \times R_5 = E_4 - E_5 + E_6 \end{array} \right.$$

В этих уравнениях все ЭДС и токи, совпадающие с направлением обхода, записываются со знаком "+", направленные навстречку обходу - со знаком "-". Как видно из данного примера, общее число уравнений, составленных по первому и второму законам кирхгофа равно числу неизвестных токов, т.е. числу ветвей.

Решив эту систему уравнений с шестью неизвестными, определим искомые токи. Если какой либо ток получился отрицательным, то это означает, что его действительное направление противоположно направлению выбранному в п.1.

Рассмотренный метод расчета в подавляющем большинстве случаев является достаточно громоздким и потому практически нецелесообразным. Задача практически упрощается при использовании метода контурных токов и метода узловых потенциалов, в основу которых положены уравнения Кирхгофа.

## 1.2 Метод контурных токов.

1. Вводим понятие фиктивных контурных токов:  $I_{11}, I_{22}, I_{33}$  и выбираем произвольно направление каждого из них. Значения контурных токов должны быть равны по абсолютной величине значениям токов в несмежных ветвях, т.е.

$$I_{11} = I_1$$

$$I_{22} = I_2$$

$$I_{33} = I_6$$

Тогда токи во всех ветвях схемы определяются из выражений (1)

$$I_1 = I_{11}$$

$$I_2 = I_{22}$$

$$I_6 = I_{33}$$

$$I_3 = -I_{11} - I_{22}$$

$$I_4 = I_{11} + I_{33}$$

$$I_5 = I_{22} - I_{33}$$

Таким образом, при использовании методом контурных токов уравнения, составленные по первому закону Кирхгофа, обращаются в тождества, т.е. этот закон удовлетворяет при любых значениях контурных токов. Значит для решения задачи этим методом достаточно уравнений, составленных по 2-му закону Кирхгофа.

2. Составляем уравнение по 2-му закону Кирхгофа для контурных токов. Для этого подставим в первое из уравнений значения токов в ветвях введенное в уравнениях (3)

получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_3(I_{11} + I_{22}) + I_{11}R_1 = E_4 - E_3 \\ R_3(I_{11} + I_{22}) + I_{22}R_2 + R_5(I_{22} - I_{33}) = E_2 - E_3 + E_5 \\ : I_{33}R_6 - R_5(I_{22} - I_{33}) = E_4 - E_5 + E_6 \end{array} \right.$$

Упрощаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{11}R_1 + I_{11}R_3 + I_{22}R_3 = E_4 - E_3 \\ - I_{11}R_3 + I_{22}R_2 + I_{22}R_3 + I_{22}R_5 - I_{33}R_5 = E_2 - E_3 + E_5 \\ I_{33}R_5 - I_{22}R_5 + I_{33}R_6 = E_4 - E_5 + E_6 \end{array} \right.$$

Далее упрощаем, подставляя числовые значения:

$$\left\{ \begin{array}{l} 4A_{11} + 3A_{22} = 12 \\ : 3A_{11} + 9A_{22} - 4A_{33} = 30 \\ : 9A_{33} - 4A_{22} = 88 \end{array} \right.$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 4 & 3 & 0 \\ 3 & 9 & -4 \\ 0 & -4 & 9 \end{vmatrix} = 4(9 \cdot 9 - -4 \cdot 4) - 3(3 \cdot 9 - 0 \cdot 4) + 0(3 \cdot 4 - 0 \cdot 9) = 179$$

Так как  $\Delta$  не равен 0, то система имеет единственное решение. Вычислим вспомогательные определители

$$\Delta I_{11} = \begin{vmatrix} 12 & 3 & 0 \\ 30 & 9 & -4 \\ 88 & -4 & 9 \end{vmatrix} = 12(9 \times 9 - -4 \times 4) - 3(30 \times 9 - 88 \times 4) + 0(30 \times 4 - 88 \times 9) = -1.086 \cdot 10^3$$

$$\Delta I_{22} = \begin{vmatrix} 4 & 12 & 0 \\ 3 & 30 & -4 \\ 0 & 88 & 9 \end{vmatrix} = 4(30 \times 9 - 88 \times 4) - 12(3 \times 9 - 0 \times 4) + 0(3 \times 88 - 0 \times 30) = 2.164 \cdot 10^3$$

$$\Delta I_{33} = \begin{vmatrix} 4 & 3 & 12 \\ 3 & 9 & 30 \\ 0 & -4 & 88 \end{vmatrix} = 4(9 \times 88 - -4 \times 30) - 3(3 \times 88 - 0 \times 30) + 12(3 \times 4 - 0 \times 9) = 2.712 \cdot 10^3$$

Воспользовавшись формулами Крамера, получим

$$I_{11} = \frac{\Delta I_{11}}{\Delta} = \frac{-1086}{179} = -6.07$$

$$I_{22} = \frac{\Delta I_{22}}{\Delta} = \frac{2164}{179} = 12.1$$

$$I_{33} = \frac{\Delta I_{33}}{\Delta} = \frac{2712}{179} = 15.2$$

Значения токов в ветвях определяется из выражения

$$I_1 = I_{11} = -6.07$$

$$I_2 = I_{22} = 12.1$$

$$I_6 = I_{33} = 15.2$$

$$I_3 = -I_{11} - I_2 = -(-6.07) - 12.1 = -6.03$$

$$I_4 = I_{11} + I_{33} = -6.07 + 15.2 = 9.13$$

$$I_5 = I_{22} - I_{33} = 12.1 - 15.2 = -3.1$$

Сделаю проверку по первому закону Кирхгофа

$$-I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad \text{- для узла A}$$

$$\text{получим} \quad = -6.07 - 6.03 - 12.1 = 0$$

$$I_1 - I_4 + I_6 = 0 \quad \text{- для узла B}$$

$$\text{получим} \quad = 6.07 - 9.13 + 15.2 = 0$$

$$I_3 + I_4 + I_5 = 0 \quad \text{- для узла C}$$

$$\text{получим} \quad = 6.03 + 9.13 - 3.1 = 0$$

Баланс мощностей

$$\Sigma EI = \Sigma I^2 R$$

Мощность, генерируемая источниками, Вт

$$\Sigma EI = E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4 + E_5 I_5 + E_6 I_6$$

$$\Sigma EI = 6 \times 2.1 + 0 \times 6.03 + 12 \times 9.13 + 24 \times 3.1 + 100 \times 15.2 = 1.628 \cdot 10^3$$

Суммарная мощность приемников, Вт

$$\Sigma P_{np} = I_1^2 R_1 + I_3^2 R_3 + I_2^2 R_2 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6$$

$$\Sigma P_{np.} = (-6.07)^2 + (-6.03)^2 \times 3 + 12.1^2 \times 2 + 9.13^2 \times 0 + (-3.1)^2 \times 4 + 15.2^2 \times 5 = 1.632 \cdot 10^3$$

*Bm*

*Построим потенциальную диаграмму.*

*Примем потенциал точки а равным 0*

$$\varphi_a = 0$$

$$\varphi_{a'} = -E_2 = -6 = -6.0 \quad B$$

$$\varphi_d = \varphi_{a'} + I_2 \times R_2 = -6.0 + 12.1 \times 2 = 18.2 \quad B$$

$$\varphi_{d'} = \varphi_d + I_5 \times R_5 = 18.2 + (-3.1) \times 4 = 5.8 \quad B$$

$$\varphi_c = \varphi_{d'} - E_5 = 5.8 - 24 = -18.2 \quad B$$

$$\varphi_a = \varphi_c - I_3 \times R_3 = -18.2 - (-6.03) \times 3 = -0.11 \quad B \quad \text{что можно принять равным 0}$$

Потенциальная диаграмма

