

4.3 Метод узловых потенциалов

Метод узловых потенциалов основан на применении первого закона Кирхгофа.

Метод узловых потенциалов целесообразно применять, когда число узлов в схеме без единицы меньше числа независимых контуров. Если число узлов обозначить n , а число независимых контуров K , то условием целесообразности применения будет неравенство

$$n - 1 < K.$$

Токораспределение в схеме не изменится, если потенциал одного из узлов принять равным нулю. Говорят, что узел с потенциалом $\varphi=0$ «заземлен» или подключен к «земле». Такой узел еще называют базисным.

Рационально заземлять узел, в котором сходится наибольшее число ветвей. В этом случае упрощаются выражения, описывающие собственные проводимости оставшихся узлов.

Вспомним, что проводимостью называется величина, обратная сопротивлению

$$g = \frac{1}{R}.$$

Единицей проводимости является Сименс (См).

Собственной проводимостью узла называют сумму проводимостей всех ветвей, сходящихся в этот узел. Обозначим собственную проводимость i -го узла G_i .

Проводимость ветвей между i -м и j -м узлами называют общей проводимостью между i -м и j -м узлами. Обозначим ее G_{ij} .

Пронумеруем узлы числами 0, 1, 2, 3, ... Узел с номером 0 заземлен. Для нахождения потенциалов в остальных узлах необходимо составить **$n-1$** уравнений.

Правила составления уравнений следующие.

1. В левой части уравнения пишут сумму всех произведений потенциалов каждого узла на соответствующую проводимость, причем потенциал φ_i i -го узла умножается на собственную проводимость G_i и это произведение берут со знаком «+», а потенциалы φ_j любого j -го узла из оставшихся узлов умножают на общую проводимость G_{ij} между i -м и j -м узлами и эти произведения берут со знаком «-».

ВНИМАНИЕ! Если к узлу подходит ветвь с источником тока, то проводимость этой ветви в расчете собственной проводимости узла не участвует.

2. В правой части уравнения пишут сумму алгебраической суммы токов источников тока в ветвях, примыкающих к i -му узлу, и алгебраической суммы произведений ЭДС источников напряжения, имеющих в ветви, примыкающей к узлу, на проводимость этой ветви. Если ЭДС источника напряжения или ток источника тока направлены к узлу, то слагаемые берутся со знаком «+», если от узла, то со знаком «-».

Если в какой-либо ветви схемы нет источника напряжения или тока, то такая ветвь исключается из процесса формирования правой части уравнения.

Токи в ветвях, расположенных между i -м узлом и «землей» определяют по закону Ома, разделив разность потенциала i -го узла φ_i и алгебраической суммы ЭДС источников напряжения, имеющих в ветви, на сумму сопротивлений в этой ветви:

$$i_i = \frac{\varphi_i - \sum E}{R_i}. \quad (4.6)$$

За положительное направление тока принимают направление от узла к «земле». Если при расчете по (4.6) получили значение тока со знаком «-», то это значит, что в реальной схеме ток течет в противоположном направлении.

Ток в ветви, расположенной между i -м и j -м узлами тоже определяют по закону Ома, разделив разность потенциалов между узлами на суммарное сопротивление ветви:

$$i_{ij} = \frac{\varphi_i - \varphi_j}{R_{ij}}. \quad (4.7)$$

Так же, если при расчете по (4.7) получили значение тока со знаком «-», то это значит, что в реальной схеме ток течет в противоположном направлении.

Пример расчета токов в ветвях электрической цепи методом узловых потенциалов

Проведем расчет схемы, представленной на рисунке 4.4.

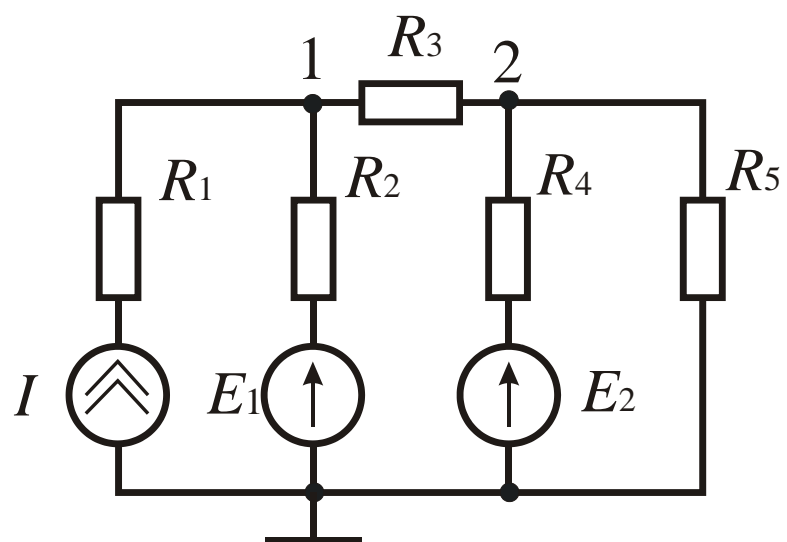


Рисунок 4.4 – Схема для расчета потенциалов в узлах