

УДК 621.3.014

*Грозных А. Н.  
горный инженер-геофизик,  
Россия, г. Санкт-Петербург*

**ПРЯМОЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ  
СОЕДИНЕНИЙ ТИПА «ЗВЕЗДА» МЕТОДОМ ВИРТУАЛЬНЫХ  
КОМПОНЕНТОВ**

*Аннотация: предлагается система уравнений {1}, позволяющая производить прямые независимые расчеты токов в ветвях соединений типа «звезда» без разного рода преобразований.*

*Ключевые слова: соединения типа «звезда», виртуальные компоненты, токи ветвей, прямые расчеты токов.*

*Groznykh A. N.  
mining engineer-geophysicist  
Russia, Sankt-Petersburg*

**DIRECT METHOD FOR CALCULATING PARAMETERS  
CONNECTIONS OF THE "STAR" TYPE USING THE VIRTUAL  
COMPONENT METHOD**

*Abstract: a system of equations {1} is presented that allows direct independent calculations of currents in the branches of "star" type connections without any transformations.*

*Keywords: star-type connections, virtual components, branch currents, direct calculations currents.*

## ВЫВОД СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ПРЯМОГО РАСЧЕТА ТОКОВ В ВЕТВЯХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА «ЗВЕЗДА»

В настоящее время алгоритм расчета токов в ветвях соединений типа «звезда» (рис.1) традиционными способами, предусматривает последовательное выполнение ряда таких процедур как эквивалентные подстановки, преобразования и/или методы линейной алгебры [1,с.34; 2].

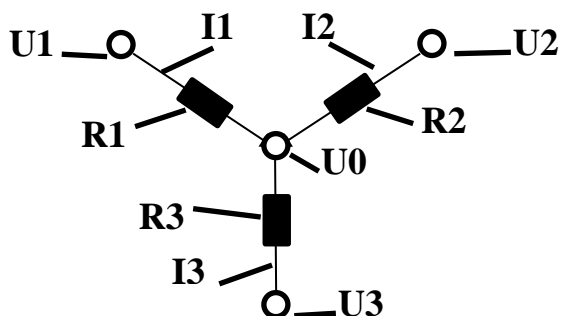


Рисунок 1.

$R_1, R_2, R_3$  – сопротивления ветвей соединения, Ом;

$I_1, I_2, I_3$  – токи ветвей, Ампер;  $U_0$  – напряжение общей точки, Вольт;

$U_1, U_2, U_3$  – напряжения узлов относительно общего нуля, Вольт.

Для наглядного представления логики вывода уравнений прямого расчета токов, схема (рис.1) для узла  $U_3$ , приведена к следующему виду:

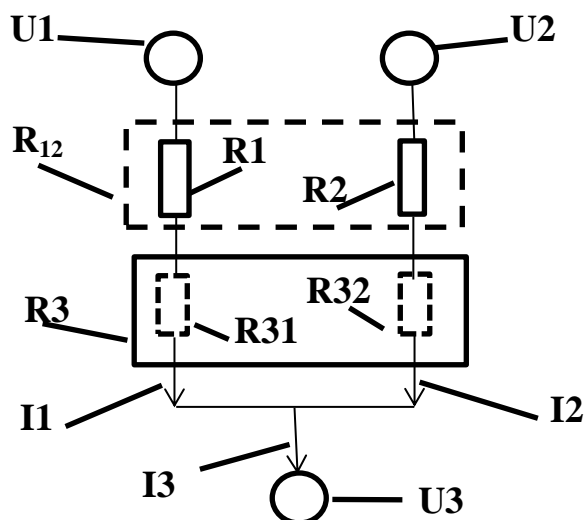


Рисунок 2.

Штриховой линией показаны виртуальные компоненты.

При таком изображении (рис.2) сформированы две виртуально независимые цепи:  $U3-U1, R1+R31$ ;  $U3-U2, R2+R32$ . Резистор  $R_{12}$  рассчитывается по формуле для виртуального параллельного соединения резисторов  $R1$  и  $R2$ .

Поскольку, согласно следствию закона токов Кирхгофа, ток одинаков для всех последовательно включенных элементов цепи [1,с.27], то соотношение токов  $I1$  и  $I2$  постоянно для вышеприведенной схемы (рис.2). Также сохраняется соотношение виртуальных пассивных компонентов в  $R_{12}$  и  $R3$  обеих цепей, которые задают ток. Следовательно, соотношения между виртуальными резисторами  $R31$  и  $R32$  между собой и реальным резистором  $R3$  повторяют соотношения между  $R1, R2$  и  $R_{12}$ , которые можно записать в следующем виде:

$$R31/R3 = R1/R_{12} \text{ и } R32/R3 = R2/R_{12}.$$

Разворачивая каждое из равенств, получаем следующие выражения:

$$R31 = R3 * R1 / R_{12} = R3 * R1 (R1 + R2) / R1 * R2 = R3 * (1 + R1/R2);$$

$$R32 = R3 * R2 / R_{12} = R3 * R2 (R1 + R2) / R1 * R2 = R3 * (1 + R2/R1);$$

то есть:

$$R31 = R3 * (1 + R1/R2) \text{ и } R32 = R3 * (1 + R2/R1).$$

Проверка:

$$R3 = \frac{R3 * \frac{(R2+R1)}{R2} * R3 * \frac{(R2+R1)}{R1}}{R3 * \frac{(R2+R1)}{R2} + R3 * \frac{(R2+R1)}{R1}} = \frac{R3^2 * (R2+R1)^2}{R3 * (R2+R1)} * \frac{\frac{1}{R2} * R1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R1}} = R3 * (R2+R1) * \frac{1/R2 * R1}{R2 * R1} = R3$$

Аналогичным способом находятся выражения виртуальных компонентов для остальных узлов.

Относительно  $U1$  :  $R12 = R1 * (1 + R2/R3)$ ;  $R13 = R1 * (1 + R3/R2)$

Относительно  $U2$  :  $R21 = R2 * (1 + R1/R3)$ ;  $R23 = R2 * (1 + R3/R1)$

Токи для ветвей вышеприведенной схемы (рис.1) рассчитываются по формулам:

$$\bar{I}1 = \bar{I}2 + \bar{I}3 ; \quad \bar{I}2 = \bar{I}1 + \bar{I}2 ; \quad \bar{I}3 = \bar{I}1 + \bar{I}2.$$

В развернутом виде:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= (U_1 - U_2) / (R_2 + R_1 * (1 + R_2 / R_3)) + (U_1 - U_3) / (R_3 + R_1 * (1 + R_3 / R_2)) \\ I_2 &= (U_2 - U_1) / (R_1 + R_2 * (1 + R_1 / R_3)) + (U_2 - U_3) / (R_3 + R_2 * (1 + R_3 / R_1)) \\ I_3 &= (U_3 - U_1) / (R_1 + R_3 * (1 + R_1 / R_2)) + (U_3 - U_2) / (R_2 + R_3 * (1 + R_2 / R_1)) \end{aligned} \right\} \{1\}$$

Потенциал общей точки рассчитывается также независимо относительно любого узла соединения:

$$U_0 = U_1 - (U_1 - U_2) * \frac{R_1 * R_3}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3} - (U_1 - U_3) * \frac{R_1 * R_2}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3}$$

$$U_0 = U_2 - (U_2 - U_1) * \frac{R_2 * R_3}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3} - (U_2 - U_3) * \frac{R_1 * R_2}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3}$$

$$U_0 = U_3 - (U_3 - U_1) * \frac{R_2 * R_3}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3} - (U_3 - U_2) * \frac{R_1 * R_2}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3}$$

Разности напряжений определяются относительно центральной точки узла.

Ток каждого данного узла есть алгебраическая сумма токов прилегающих ветвей.

Правильность расчетов проверена по контрольным замерам на макетах практических схем. Совпадение параметров полное во всех точках.

Предложенная методика позволяет упростить процедуры расчета токов в соединениях типа «звезда» (рис. 1) и позволяет отказаться от применения метода эквивалентных и прочих преобразований для расчета указанных выше параметров.

Развернутый анализ системы уравнений {1} выходит за рамки заявленной темы публикации поэтому будет представлен отдельно.

### Литература:

1. Бычков Ю. А., Золотницкий В. М., Чернышев Э. П., Белянин А. Н. *Основы теоретической электротехники*. Учебное пособие; СПб; изд-во «Лань», 2008. (В личном пользовании).
2. Бычков Ю. А., Золотницкий В. М., Чернышев Э. П., Белянин А. Н, Соловьева Е. Б. *Сборник задач по основам теоретической электротехники*. Учебное пособие; СПб; изд-во «Лань», 2011. (В личном пользовании).