

**И.В.НИЖЕВСКИЙ**, инженер СКБ «Электрощит»  
**В.И. ГУЛЬ**, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ"  
**В.И. НИЖЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

**РАСЧЕТ ПОТЕНЦИАЛОВ НА КАЖДОМ ИЗ ОТДЕЛЬНЫХ  
 ВЗАИМОВЛИЯЮЩИХ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Показано застосування нового способу вимірювання опору розтіканню складного ЗУ. За наслідками вимірювань запропонований розрахунок розподілу потенціалів в системі заземлюючих пристроїв, що взаємно впливають один на одного. Показана необхідність таких розрахунків в умовах щільної забудови території.

Application of new method of measuring of resistance spreading of difficult is retined grounding device. On results measurings the calculation of distributing of potentials is offered in the system of one another having effect of earthing devices. The necessity of such calculations is confirmed in the conditions of dense land development.

Несмотря на значительные успехи в области проектирования, расчета и измерения параметров заземляющих устройств (ЗУ) различной сложности, исследования продолжают. Это связано с необходимостью дальнейшего снижения электротравматизма и снижения риска отказов схем релейной защиты и автоматики по причине ЗУ (недопустимое повышение потенциала на ЗУ). Кроме того, важно также знать, какой потенциал может появиться на взаимодействующих, но не связанных между собой металлических ЗУ.

Методы измерения сопротивления растеканию ЗУ постоянно совершенствуются с целью повышения точности измерения. Этому посвящены патенты, монографии и статьи, например [1-3]. Новый способ измерения представлен патентом [4]. Отличительной особенностью нового способа измерения является то, что он не требует отыскания места нулевого потенциала, что очень важно особенно в случае плотной застройки территории.

Рассмотрим реализацию данного способа для случая, показанного на рис. 1.

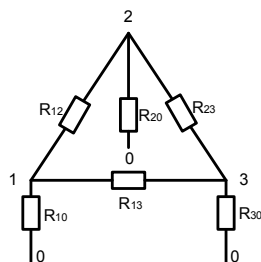


Рис. 1 - Схема замещения для трех взаимодействующих ( $R_{12}, R_{23}, R_{13}$ ) элементов заземления ( $R_{10}, R_{20}, R_{30}$ )

Опыт 1. Источник ( $E, Z_{вн}$ ) подключается к точкам 1 и 2 ( $\phi_{12}$  и  $I_{12}$  измеряются для определения  $R_{вх(1-2)}$ ).

Аналогично измеряются  $R_{вх(1-3)}$  и  $R_{вх(2-3)}$ .

Опыт 2. Переключка соединяет точки 1 и 2, и после подключения источника измеряется  $R_{вх}$  ( $R_{12} \rightarrow 0$ , точки 1 и 2 имеют один потенциал) между точкой 1 (или, что тоже, 2) и точкой 3:  $R_{вх(1,2-3)}$ .

Аналогично измеряются  $R_{вх(1,3-2)}$  и  $R_{вх(2,3-1)}$ .

По итогам опытов 1 и 2 известны левые части шести уравнений с шестью неизвестными, составляющими схему замещения (см. рис. 1).

Решение системы методом градиентного спуска в оболочке *Excel* по сути метода является удовлетворительно приближенным, что подтверждают поверочные расчеты.

Расшифровка значений параметров (сопротивлений) схемы замещения (рис. 1) позволяет решить следующие задачи.

Задача А. Предполагается использовать элемент  $R_{10}$  (или  $R_{20}, R_{30}$ ) как заземлитель, т.е. в точку 1 (или 2, 3) от некоторого источника  $И(E, Z_{вн})$  вводится ток  $I_{10}$  (или  $I_{20}, I_{30}$ ), как показано на рис. 2.

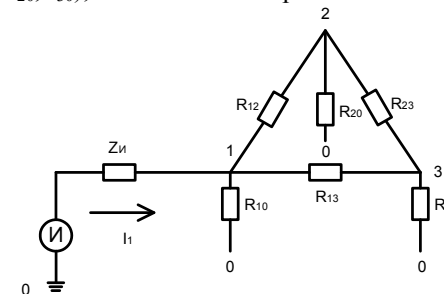


Рис. 2 - Использование элемента 1 как заземлителя для внешнего источника  $И(E, Z_{вн})$

Элементы  $R_{20}, R_{23}$  и  $R_{30}$  образуют треугольник с общей точкой 0, который известным способом преобразуется в звезду (рис. 3)

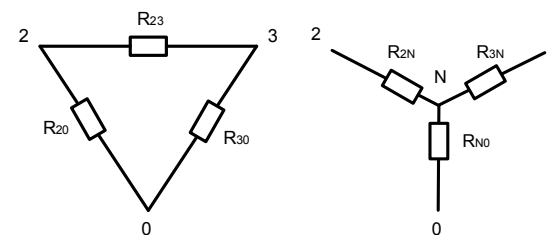


Рис. 3 - Преобразование треугольника в звезду

Очевидно, параллельное соединение последовательных цепочек определяет подключение  $R_{N0}$  параллельно  $R_{10}$  и имеем искомое сопротивление  $R_{экв1}$  заземления для точки 1:  $(R_{12}+R_{2N})\parallel(R_{13}+R_{3N})=R_{эквM}$ ;  $(R_{эквM} + R_{N0}) R_{10} \rightarrow R_{экв1}$ . Аналогично находим  $R_{экв2}$  или  $R_{экв3}$ .

Задача Б. Точка 1 (или 2, 3) используется как точка заземлителя и подключение источника И( $E, Z_{и}$ ) создает на этом заземлителе потенциал  $\varphi_1$ . Взаимные сопротивления вместе с собственными сопротивлениями (см. рис. 2) определяют появление потенциалов в точках 2 ( $\varphi_2$ ) и 3 ( $\varphi_3$ ).

Преобразуем треугольник взаимных сопротивлений в звезду с центром в точке P (рис.4), соответственно имеем  $R_{1P}$ ,  $R_{2P}$  и  $R_{3P}$ .

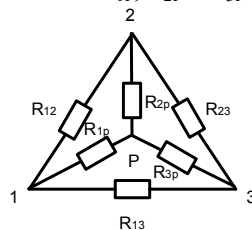


Рис. 4 - Преобразование треугольника в звезду

К вершинам звезды (точки 1, 2 и 3) исходно подключены  $R_{10}$ ,  $R_{20}$  и  $R_{30}$ . При потенциале  $\varphi_1$  в точке 1 схема замещения получает вид (рис. 5):

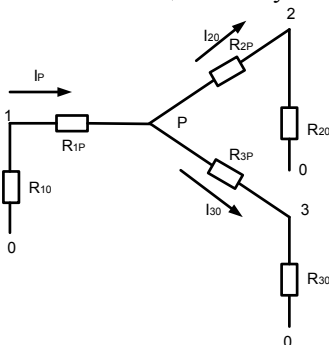


Рис. 5 - Схема замещения

Согласно рис. 5 определяем ток

$$I_P = \varphi_1 / (R_{1P} + (R_{2P} + R_{20})\parallel(R_{3P} + R_{30}))$$

и падение напряжения  $\Delta U_{1P} = I_P \cdot R_{1P}$ . Соответственно, ток в элементе  $R_{20}$

составляет  $I_{20} = \frac{\varphi_1 - \Delta U_{1P}}{R_{2P} + R_{20}}$  и потенциал  $\varphi_2 = I_{20} \cdot R_{20}$ .

Аналогично найдем ток  $I_{30} = \frac{\varphi_1 - \Delta U_{1P}}{R_{3P} + R_{30}}$  и потенциал  $\varphi_3 = I_{30} \cdot R_{30}$ .

**Вывод.** В статье показано применение нового способа измерения сопротивления растеканию сложного ЗУ. По результатам измерений предложен расчет распределения потенциалов в системе взаимовлияющих заземляющих устройств. Показана необходимость таких расчетов в условиях плотной застройки территории, когда есть три заземлителя, а реально предполагаемое взаимовлияние делает проблематичным корректное отыскание точки мулевого потенциала. Отметим, что даже использование такой точки для одного из заземлителей по традиционной методике не дает представления о взаимовлиянии заземлителей, тогда как предложенный метод снимает это ограничение.

**Список литературы:** 1. Бургсдорф В.В. Заземляющие устройства электроустановок / В.В.Бургсдорф, А.И.Якобс.- М.: Энергоатомиздат, 1987. - 400 с. 2. Заземляющие устройства на линиях электропередачи и подстанциях высокого напряжения. Итоги науки и техники. Электрические станции, сети и системы. - М.: Изд-во ВИНТИ, 1966. - С. 65-184. 3. Рябкова Е.Я. Заземления в установках высокого напряжения / Е.Я.Рябкова. - М.: Энергия, 1978. - 224 с. 4. Пат. 19760 Украина, МПК G01R 27/20. Спосіб вимірювання опору розтіканню окремих взаємозв'язаних заземлювачів / В.І. Ніжевський, І.В. Ніжевський, В.І. Гуль, О.І. Ганус - u200608963; заявлено 11.08.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12. - 8 с.



**Нижевский Илья Викторович** защитил диплом инженера в Национальном техническом университете "Харьковский политехнический институт" по специальности электрические системы и сети в 2007 г. Научные интересы связаны с проблемами молниезащиты, заземляющих устройств, перенапряжений в электрических сетях и координации изоляции.



**Гуль Виктор Иванович** профессор кафедры "Передача электрической энергии" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт". Научные интересы связаны с проблемами молниезащиты, заземляющих устройств, перенапряжений в электрических сетях и координации изоляции.



**Нижевский Виктор Ильич** доцент кафедры "Передача электрической энергии" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт". Научные интересы связаны с проблемами молниезащиты, заземляющих устройств, перенапряжений в электрических сетях и координации изоляции.

Поступила в редколлегию 09.03.2010