

## Интеллектуальная система для определения места и степени локальных дефектов изоляции в сети с изолированной нейтралью

**Н.В.Гребченко**, *Донецкий национальный технический университет*

**А.А.Сидоренко**, *Донецкие западные электрические сети ОАО Донецкоблэнерго*

Наиболее часто среди всех повреждений в сети с изолированной нейтралью происходят замыкания одной фазы на землю, которые являются, как правило, следствием дефектов изоляции. Выявление этих повреждений на ранней степени развития позволит существенно повысить надежность работы распределительных сетей. Наиболее целесообразно для выявления таких дефектов изоляции организовать непрерывное диагностирование присоединений в рабочих режимах. Вероятность принятия правильного решения оперативным персоналом существенно возрастает в случае, когда удастся определить место локального дефекта изоляции и его степень.

Известные методы [1-4] в рабочих режимах, как правило, позволяют выявлять только замыкания на землю и не выявляют возникновения локальных дефектов изоляции.

Использование локационного метода [1] в рабочем режиме сети практически невозможно из-за многократного отражения зондирующего импульса от неповрежденных присоединений [4].

Метод [3] основан на расчетах с использованием схемы замещения сети, в которой последовательно изменяется предполагаемое место повреждения.

Выполненные исследования показали, что амплитуда и фаза тока нулевой последовательности однозначно определяется местом локального дефекта изоляции и величиной сопротивления между фазой и землей в месте дефекта.

На рис.1 приведена схема замещения присоединения нагрузки в сети с изолированной нейтралью. При составлении схемы в качестве основных допущений приняты следующие:

- элементы схемы замещения симметричны, т.е. соответствующие продольные ( $\underline{Z}$ ) и поперечные комплексные сопротивления разных фаз равны между собою;
- емкости фаз по отношению к земле всей электрически связанной сети ( $X_C$ ), в том числе и емкости контролируемого присоединения, учитываются суммарной величиной, сосредоточенной в начале присоединения;
- активные сопротивления изоляции фаз по отношению к земле не учитываются;
- локальный дефект моделируется активным сопротивлением  $R_{ДЕФ}$  на расстоянии  $l_{ДЕФ}$  от начала присоединения.

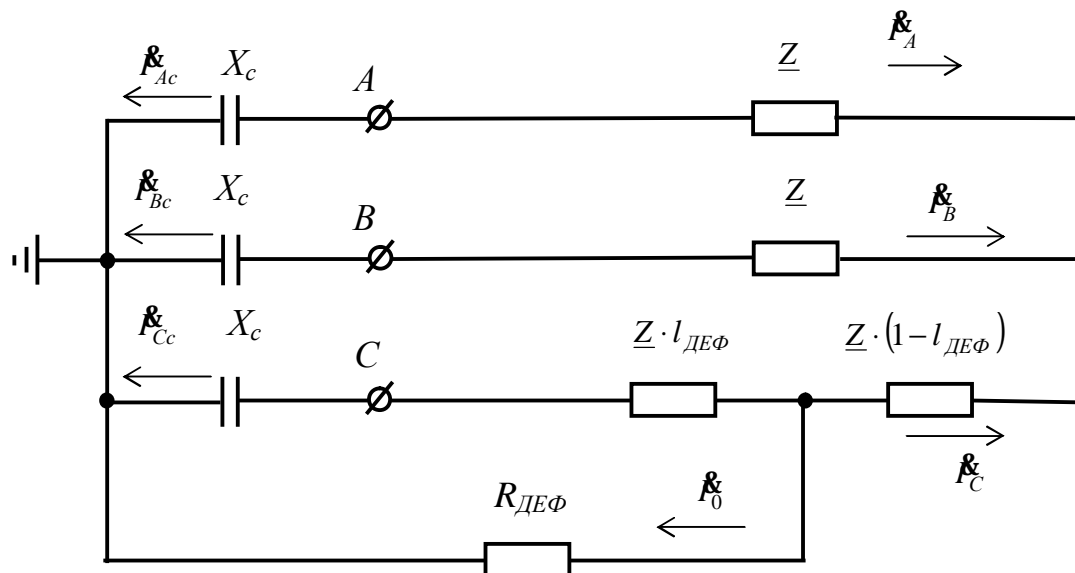


Рис. 1. Схема замещения присоединения нагрузки

Ток нулевой последовательности  $I_0$ , протекающий через место локального дефекта изоляции:

$$\mathbf{I}_0 = \frac{(1 - I_{ДЕФ}) (\mathbf{U}_{СА} - \mathbf{U}_{ВС})}{X_c + I_{ДЕФ} (3 - 2I_{ДЕФ}) \cdot \underline{Z} + 3R_{ДЕФ}}$$

Анализ полученного соотношения показывает, что вектор тока нулевой последовательности  $\mathbf{I}_0$  (амплитуда и его фаза) зависят от расстояния  $l_{ДЕФ}$  и сопротивления в месте дефекта  $R_{ДЕФ}$ . При этом учитывается, что продольное сопротивление фазы присоединения  $\underline{Z}$  является неизменной величиной. Значение  $X_c$  зависит от конфигурации сети, а поэтому для обеспечения соответствия между действительным и расчетным значением тока нулевой последовательности в расчетах необходимо учитывать реальное значение  $X_c$ .

Установленная зависимость между  $\mathbf{I}_0$  и параметрами локального дефекта изоляции положена в основу принципа действия интеллектуальной системы для определения места и степени локальных дефектов изоляции в сети с изолированной нейтралью (рис.2).

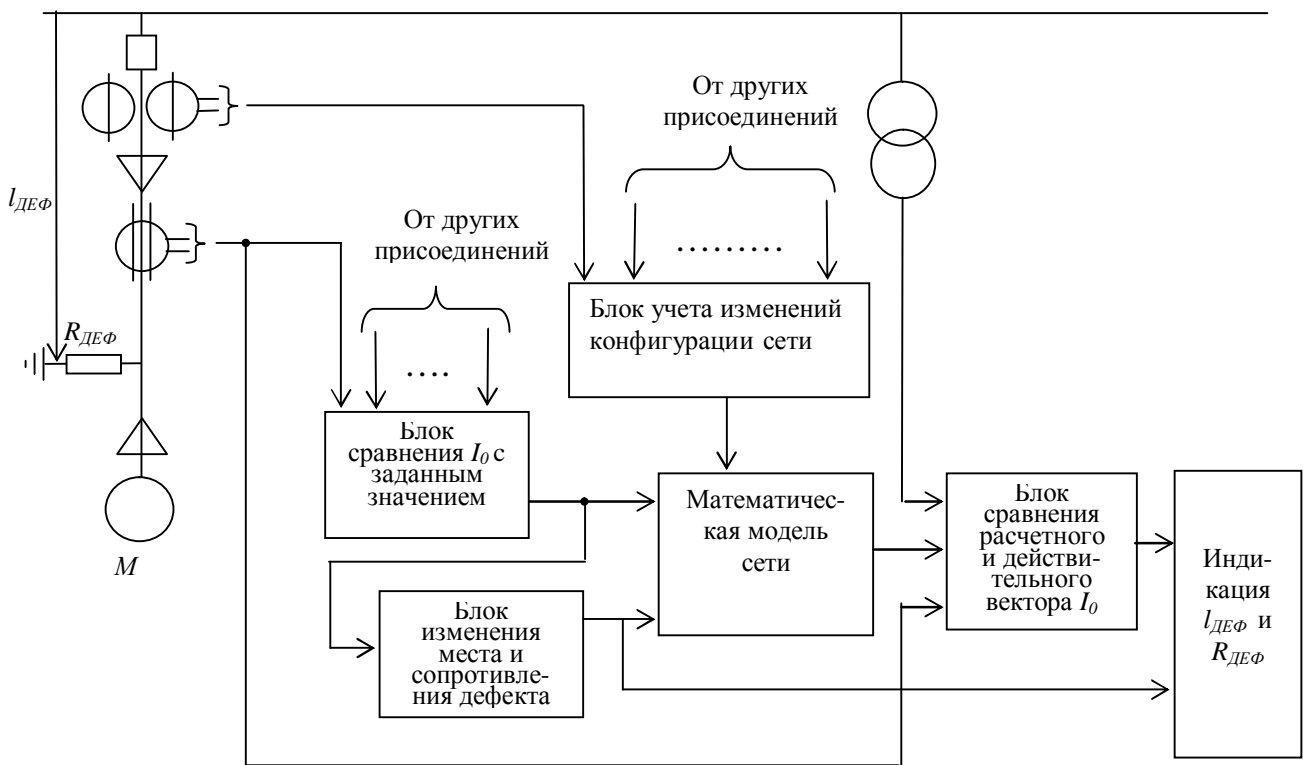


Рис.2. Структурная схема интеллектуальной системы выявления локальных дефектов изоляции

Система непрерывно контролирует амплитуду токов нулевой последовательности всех присоединений. Превышение по одному из присоединений заданного значения расценивается как появление дефекта изоляции, в том числе может быть и замыкание на землю. По факту превышения блок изменения места и величины сопротивления дефекта начинает циклический процесс задания параметров математической модели, которые соответствуют перемещению точки предполагаемого места дефекта изоляции. При этом на каждом шаге расчета выполняется цикл изменения величины предполагаемого дефекта от нуля до максимально допустимого значения. Результаты расчета вектора тока нулевой последовательности на каждом шаге расчета сравниваются с действительным вектором тока нулевой последовательности поврежденного присоединения. При совпадении действительного и расчетного векторов тока нулевой последовательности на индикацию подаются расчетные значения  $l_{ДЕФ}$  и  $R_{ДЕФ}$ , которые использовались на этом шаге расчета.

Изменение конфигурации сети автоматически учитывается в математической модели сети путем учета и исключения параметров соответствующего элемента сети. С целью упрощения внешних связей системы предусмотрена ручная коррекция модели сети при изменении ее конфигурации.

Фаза тока нулевой последовательности определяется по отношению к вектору межфазного напряжения. Этот вектор напряжения не изменяет амплитуды при возникновении дефектов изоляции с различной величиной переходного сопротивления вплоть до замыкания на землю. Кроме того, сдвиг фаз между векторами напряжения и тока нулевой последовательности практически не зависит от места и степени дефекта изоляции.

Интеллектуальная система прошла лабораторные исследования. На лабораторной установке задавались различные места возникновения дефекта изоляции в кабеле присоединения и в нагрузке присоединения. В каждой точке задавались различные дефекты изоляции. Для моделирования дефектов изоляции в кабеле предварительно выполнены отпайки на одной и той же фазе через каждые 20% общей длины кабеля (общая длина 50 метров, кабель сечением 70 мм<sup>2</sup>).

Результаты лабораторных исследований хорошо совпали с расчетными данными на математической модели.

#### Литература

1. Смирнов Л.П. Монтер-кабельщик. М.: Высшая школа. 1972. 360 с.
2. Патент РФ № 2216749. МКИ G 01R 31/08. Способ определения расстояния до места однофазного замыкания на землю в распределительных сетях / Качесов В.Е. Оpubл. 20.11.2003 (приоритет от 27.03.2001).
3. Welfonder T., Leitloff V., Fenillet R, Vitet S. Location strategies and evaluation of detection algorithms for earth faults in compensated MV distribution systems. – IEEE Transactions on Power Delivery, 2000, vol. 15, No. 4, Oct.
4. Качесов В.Е. Метод определения зоны однофазного замыкания в распределительных сетях под рабочим напряжением. – Электричество, 2005, № 6.
5. Гребченко М.В., Полковніченко Д.В. Дослідження локальних дефектів ізоляції і замикань на землю приєднань навантаження // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Електротехніка і енергетика, випуск 98: Донецьк: ДонНТУ. – 2005. – С.126-129.